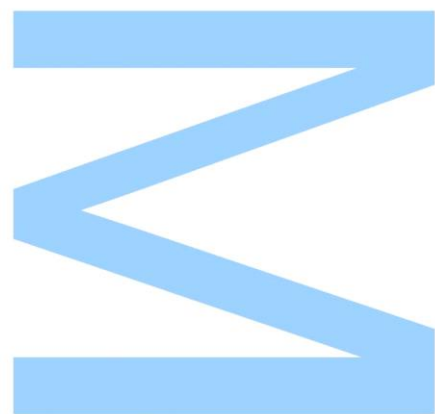


Cartografia de Risco de Taludes no âmbito dos Planos de Emergência e Proteção Civil do Município do Porto



Ana Rita da Costa Borges

Mestrado em Geologia

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2016/2017

Orientador

Luísa Borges, Técnica Superior, Departamento Municipal de Proteção Civil da Câmara Municipal do Porto

Coorientador

Rui Moura, Professor Auxiliar, Faculdade de ciências da Universidade do Porto

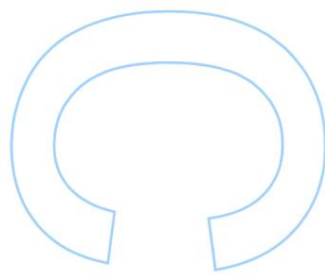
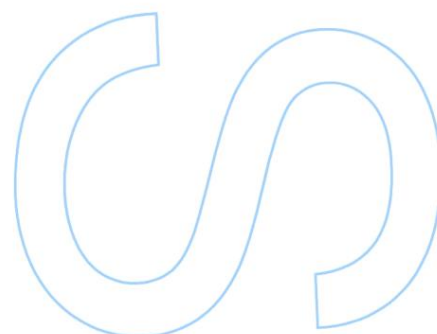
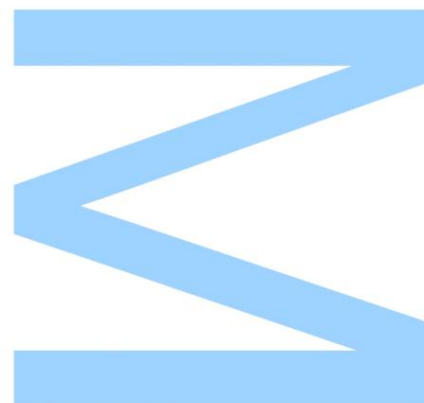




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, por todos os sacrifícios que fizeram no sentido de me proporcionar a melhor educação, por me incentivarem a seguir os meus sonhos, pelo apoio e por todo o amor. À minha irmã, por manter desperta a criança que há em mim, e que, pela sua inocência e genuinidade, me faz querer fazer de mim uma pessoa cada vez melhor.

Aos meus orientadores, Dr.^a Luísa Borges e Professor Rui Moura por toda a ajuda no desenvolvimento deste trabalho. À Dr.^a Luísa Borges, por ter proposto o tema, por me ter acompanhado sempre ao longo de todo o estágio, e pela inspiração e motivação que sempre me transmitiu.

Ao Pedro Costa, por ser sempre o melhor companheiro, nos bons e nos maus momentos, e por nunca deixar que desista dos meus objetivos.

Ao Diretor do Departamento de Proteção Civil do Porto, Eng.^o João Sendim, e aos restantes colegas: Eng.^o Jorge Carvalho, Dr.^a Sandra Pinheiro, Dr.^a Maria Ferreira, Dr. Carlos Barros, Eng.^o Duarte Ricardo, e Dr. Luís Moutinho, por me terem acompanhado e apoiado neste trabalho.

RESUMO

O presente Relatório de Estágio apresenta a cartografia de risco de taludes da Zona Histórica do Porto, resultante do cálculo de um índice de perigosidade e um índice de vulnerabilidade dos taludes reconhecidos nesta área.

Os taludes rochosos do Município do Porto, quando sujeitos a fatores de instabilidade, podem dar origem a fenómenos de queda de blocos que, por se inserirem num contexto urbano, podem por em risco pessoas, viaturas, casas e outras infraestruturas, resultando em consequências económicas ou mesmo danos corporais. Por esse motivo, é do interesse da Proteção Civil do Município Porto a realização de uma cartografia de risco de taludes que deverá integrar o Plano Municipal de Emergência, onde constam os riscos inerentes ao Município do Porto e a sua respetiva cartografia.

De modo a gerar uma cartografia de risco de taludes eficiente, foi desenvolvida uma metodologia de cálculo da perigosidade e vulnerabilidade através de índices baseados em parâmetros científicos. Os parâmetros que permitem avaliar a perigosidade e a vulnerabilidade foram estabelecidos, calculados e testados, no âmbito deste estágio, numa zona piloto que corresponde ao Centro Histórico do Porto. Através do cálculo dos parâmetros relativos à perigosidade e dos parâmetros relativos à vulnerabilidade é possível obter um valor absoluto da perigosidade e vulnerabilidade para cada talude da área de estudo. Estes valores absolutos são posteriormente convertidos numa escala qualitativa, de modo a se aplicar uma matriz de risco e assim se obter o grau de risco dos diferentes taludes. Após se obter o grau de risco de cada um dos taludes, estes são cartografados com o auxílio do *software ArcGIS*, sob a forma de polígonos aos quais corresponde uma tabela de atributos de onde consta os valores absolutos de perigosidade e vulnerabilidade e o seu grau de risco.

Os parâmetros desenvolvidos e testados no âmbito deste estágio mostraram serem eficientes no cálculo da perigosidade e vulnerabilidade de taludes rochosos em ambiente urbano.

Esta nova metodologia de cartografia de risco de taludes poderá ser posteriormente alargada a todo o Município do Porto e ainda outros Municípios com um contexto urbano semelhante. Quando realizada em toda a área do Município, deverá ser parte integrante do Plano Municipal de Emergência e o desenvolvimento desta metodologia mostra como a Proteção Civil pode beneficiar da ciência para desenvolvimento de estratégias de prevenção. Além disso, servirá como uma importante ferramenta de apoio à decisão, uma vez que, apresenta fundamentos para se estabelecerem prioridades acerca de quais os taludes que mais necessitam de intervenção e obras de estabilização.

PALAVRAS-CHAVE: Talude, Risco, Cartografia, Granito, Proteção Civil

ABSTRACT

The present internship report aims to present the risk mapping of slopes in the Historical Area of Porto, resulting from a calculation of a hazard index and a vulnerability index, with respect to the area under study.

The rocky slopes of the municipality of Porto when subjected to instability factors, can give rise to rock falls, resulting in injury to people, damage to cars, houses and other infrastructure, with economic consequences or even loss of life. For that reason, it is in Porto's Civil Protection Department's interest to do slope risk mapping to be integrated into the Municipality's Plan of Emergency, where all risks inherent to the Porto municipality and its respective mapping should be listed.

In order to create an efficient slope risk mapping, a methodology based on the calculation of hazard and vulnerability index was developed, both of which are based on scientific parameters. The parameters that allow the calculation of the hazard and the vulnerability indexes were established, tested and calculated within this internship, in the Historical area, a pilot project in Porto. Through the calculation of the parameters regarding the hazard and the vulnerability, it is possible to obtain a value for each slope in the studied area. These absolute values are then converted on a qualitative scale in order to apply a risk matrix and then obtain the risk degree of the different slopes. After obtaining the risk of which slope, they are then mapped in the form of a polygon using *ArcGis* software. A table containing the absolute values of hazard, vulnerability and risk degree is related to each polygon.

The parameters developed and tested in this internship are shown to be efficient in the calculation of the hazard and vulnerability indexes of rocky slopes in an urban context.

This new methodology, risk mapping of rocky slopes, can be applied to the rest of the municipality and eventually to other municipalities in a similar urban context. When the risk mapping has been completed in the entire Porto municipality, it should be integrated into the Municipal Plan of Emergency. The development of this methodology shows how Civil Protection can benefit from science by developing new strategies of prevention.

Furthermore, this study will be helpful instrument to support decisions, as it presents a basis to establish priorities about which slopes need intervention first.

KEYWORDS: Slope, Risk, Cartography, Granite, Civil Protection

ÍNDICE

| | |
|---|-------|
| Agradecimentos..... | II |
| Resumo | IV |
| Palavras-chave | V |
| Abstract | VI |
| Keywords | VII |
| Índice de Ilustrações..... | X |
| Índice de Tabelas | XVIII |
| Capítulo 1 - Introdução | 1 |
| 1.1 - A Proteção Civil..... | 1 |
| 1.2 - Objetivos | 4 |
| Capítulo 2 - Enquadramento Geológico | 7 |
| Capítulo 3 – Metodologia | 17 |
| 3.1 - Noções teóricas | 17 |
| 3.2 - Parâmetros | 20 |
| Capítulo 4 - Cálculo do Risco..... | 29 |
| Capítulo 5 - Casos de Estudo | 33 |
| 5.1 - Avenida D. Afonso Henriques (A e B) | 35 |
| 5.2 - Avenida D. Afonso Henriques Poente | 41 |
| 5.3 - Pena Ventosa 1..... | 46 |
| 5.4 - Pena Ventosa 2..... | 55 |
| 5.5 - Pena Ventosa 3..... | 65 |
| 5.6 - Escadas do Barredo..... | 73 |
| 5.7 - Largo dos Arcos da Ribeira | 82 |
| 5.8 - Largo do Colégio..... | 91 |
| 5.9 - Largo do Colégio – Café | 99 |
| 5.10 - Rua da Senhora das Verdades | 107 |
| 5.11 - Ribeira (terreno agrícola)..... | 116 |
| 5.12 - Largo dos Arcos da Ribeira (coberto) | 117 |
| 5.13 - São Bento | 118 |
| 5.14 - Túnel da Ribeira | 120 |
| 5.15 - Escadas do Codeçal | 121 |
| Capítulo 6 - Resultados | 123 |

| | |
|-------------------------------|-----|
| Capítulo 7 - Cartografia..... | 129 |
| Capítulo 8 – Conclusões..... | 133 |
| Bibliografia..... | 135 |
| Anexos | 137 |

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Ilustração 1 - Ilustração do fecho do Rheic, com colisão entre a Laurussia e Gondwana (adaptado de Winchester <i>et al.</i> 2002). | 7 |
| Ilustração 2 - Representação das diferentes fases de deformação da Orogenia Varisca (adaptado de Dias e Ribeiro, 1995). | 8 |
| Ilustração 3 - Ilustração das zonas tectónicas do território português por Julivert <i>et al.</i> (1974). | 8 |
| Ilustração 4 - Perfil geomorfológico do Porto desde a Foz ao Rio Torto (adaptado de Carta Geotécnica do Porto, Notícia Explicativa, 2003)..... | 9 |
| Ilustração 5 - Carta de Zonamento Geotécnico (Carta Geotécnica do Porto, 2003) | 13 |
| Ilustração 6 - Carta Geomorfológica (Carta Geotécnica do Porto, 2003)..... | 14 |
| Ilustração 7 - Diferentes tipos de deslizamento de acordo com o Teste de <i>Markland</i> | 23 |
| Ilustração 8 - Localização dos taludes na área de estudo, imagem obtida no Google Earth..... | 34 |
| Ilustração 9 - Talude da Avenida D. Afonso Henriques A, zona Norte. | 35 |
| Ilustração 10 - Talude da Avenida D. Afonso Henriques B, zona Sul. | 36 |
| Ilustração 11- Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude da Avenida D. Afonso Henriques A. | 39 |
| Ilustração 12 – Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude da Avenida D. Afonso Henriques A. | 39 |
| Ilustração 13 - Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude da Avenida D. Afonso Henriques B. | 40 |
| Ilustração 14 - Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente. | 41 |
| Ilustração 15 - Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente, onde se observa a valeta de retenção em relva, de grandes dimensões | 42 |
| Ilustração 16 - Modelo obtido no <i>Software Rocfall</i> que mostram possíveis trajetórias de blocos no Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente, zona norte..... | 43 |
| Ilustração 17 - Modelo obtido no <i>Software Rocfall</i> que mostram possíveis trajetórias de blocos no Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente, zona intermédia do talude. | 43 |
| Ilustração 18 - Modelo obtido no <i>Software Rocfall</i> que mostram possíveis trajetórias de blocos no Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente, zona sul. | 44 |
| Ilustração 19 - Teste de <i>Markland</i> realizado no <i>Software Rockpack</i> para o Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente..... | 44 |
| Ilustração 20 - Talude da Rua da Pena Ventosa 1..... | 47 |
| Ilustração 21 - Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Pena Ventosa 1. | 48 |
| Ilustração 22 - Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Pena Ventosa 1. | 48 |

| | |
|--|----|
| Ilustração 23 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 1. | 49 |
| Ilustração 24 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 1. | 49 |
| Ilustração 25 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 1. | 50 |
| Ilustração 26 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 1. | 50 |
| Ilustração 27 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 1. | 51 |
| Ilustração 28 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 1. | 51 |
| Ilustração 29 - Mapa de concentração de polos e respectivos planos obtido no <i>software DIPS</i> relativos às diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 1..... | 52 |
| Ilustração 30 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no <i>software DIPS</i> relativas ao Talude da Rua da Pena Ventosa 1..... | 53 |
| Ilustração 31 - Teste de <i>Markland</i> realizado no <i>Software Rockpack</i> para o Talude da Rua da Pena Ventosa 1..... | 53 |
| Ilustração 32 - Talude da Rua da Pena Ventosa 2..... | 55 |
| Ilustração 33 - Talude da Rua da Pena Ventosa 2..... | 55 |
| Ilustração 34- Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Pena Ventosa 2. | 57 |
| Ilustração 35 - Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Pena Ventosa 2. | 57 |
| Ilustração 36 - Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Pena Ventosa 2. | 58 |
| Ilustração 37 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 2. | 58 |
| Ilustração 38 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 2. | 59 |
| Ilustração 39 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 2. | 59 |
| Ilustração 40 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 2. | 60 |

| | |
|--|----|
| Ilustração 41 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 2. | 60 |
| Ilustração 42 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 2. | 61 |
| Ilustração 43 - Mapa de concentração de polos e respectivos planos obtido no <i>software DIPS</i> relativos às diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 2..... | 62 |
| Ilustração 44 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no <i>software DIPS</i> relativas ao Talude da Rua da Pena Ventosa 2. | 62 |
| Ilustração 45 - Teste de <i>Markland</i> realizado no <i>Software Rockpack</i> para o Talude da Rua da Pena Ventosa 2..... | 63 |
| Ilustração 46 - Teste de <i>Markland</i> com todos os planos, realizado no <i>Software Rockpack</i> para o Talude da Rua da Pena Ventosa 2. | 63 |
| Ilustração 47- Talude da Rua da Pena Ventosa 3..... | 65 |
| Ilustração 48- Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Pena Ventosa 3. | 67 |
| Ilustração 49 - Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Pena Ventosa 3. | 67 |
| Ilustração 50 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 3. | 68 |
| Ilustração 51 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 3. | 68 |
| Ilustração 52 – Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 3. | 69 |
| Ilustração 53 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 3. | 69 |
| Ilustração 54 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 3. | 70 |
| Ilustração 55 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 3. | 70 |
| Ilustração 56 - Mapa de concentração de polos e respectivos planos obtido no <i>software DIPS</i> relativos às diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 3..... | 71 |
| Ilustração 57 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no <i>software DIPS</i> relativas ao Talude da Rua da Pena Ventosa 3. | 71 |
| Ilustração 58 - Teste de <i>Markland</i> realizado no <i>Software Rockpack</i> para o Talude da Rua da Pena Ventosa 3..... | 72 |

| | |
|---|----|
| Ilustração 59 - Talude das Escadas do Barredo onde este atinge a altura máxima da área descoberta e posteriormente se prolonga para N50. | 73 |
| Ilustração 60 - Talude das Escadas do Barredo na zona que assume direção N50 e atinge grandes proporções, completamente coberto por vegetação. | 74 |
| Ilustração 61 - Talude das Escadas do Barredo na sua zona mais baixa..... | 74 |
| Ilustração 62 - Mapa de concentração de polos e respetivos planos obtido no <i>software DIPS</i> relativos às diaclases do Talude das Escadas do Barredo. | 76 |
| Ilustração 63 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no <i>software DIPS</i> relativas ao Talude das Escadas do Barredo..... | 76 |
| Ilustração 64 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude das Escadas do Barredo. | 77 |
| Ilustração 65 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude das Escadas do Barredo.. | 77 |
| Ilustração 66 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude das Escadas do Barredo..... | 78 |
| Ilustração 67 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude das Escadas do Barredo. .. | 78 |
| Ilustração 68 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude das Escadas do Barredo..... | 79 |
| Ilustração 69 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude das Escadas do Barredo. | 79 |
| Ilustração 70 - Teste de <i>Markland</i> realizado no <i>Software Rockpack</i> para o Talude das Escadas do Barredo. | 80 |
| Ilustração 71 - Teste de <i>Markland</i> realizado no <i>Software Rockpack</i> , com todos os planos de diaclasamento, para o Talude das Escadas do Barredo. | 80 |
| Ilustração 72- Talude do Largo dos Arcos da Ribeira..... | 82 |
| Ilustração 73 - Talude do largo dos Arcos da Ribeira, vista de pormenor..... | 82 |
| Ilustração 74 - Talude do largo dos Arcos da Ribeira, vista de pormenor..... | 83 |
| Ilustração 75 - Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira. | 84 |
| Ilustração 76 - Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira. | 84 |
| Ilustração 77 – Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira. | 85 |
| Ilustração 78 - Mapa de concentração de polos e respetivos planos obtido no <i>software DIPS</i> relativos às diaclases do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira. | 86 |
| Ilustração 79 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no <i>software DIPS</i> relativas ao Talude do Largo dos Arcos da Ribeira..... | 86 |

| | |
|--|-----|
| Ilustração 80 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira. | 87 |
| Ilustração 81 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira. | 87 |
| Ilustração 82 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira. | 88 |
| Ilustração 83 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira. | 88 |
| Ilustração 84 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira. | 89 |
| Ilustração 85 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira. | 89 |
| Ilustração 86 - Teste de <i>Markland</i> realizado no <i>Software Rockpack</i> para o Talude do Largo dos Arcos da Ribeira. | 90 |
| Ilustração 87 - Talude do Largo do Colégio. | 91 |
| Ilustração 88 - Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude do Largo do Colégio. | 93 |
| Ilustração 89 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude do Largo do Colégio. | 93 |
| Ilustração 90 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude do Largo do Colégio. | 94 |
| Ilustração 91 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude do Largo do Colégio. | 94 |
| Ilustração 92 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude do Largo do Colégio. | 95 |
| Ilustração 93 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude do Largo do Colégio. | 95 |
| Ilustração 94 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude do Largo do Colégio. | 96 |
| Ilustração 95 - Mapa de concentração de polos e respectivos planos obtido no <i>software DIPS</i> relativos às diaclases do Talude do Largo do Colégio. | 97 |
| Ilustração 96 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no <i>software DIPS</i> relativas ao Talude do Largo do Colégio. | 97 |
| Ilustração 97 - Teste de <i>Markland</i> realizado no <i>Software Rockpack</i> para o Talude do Largo do Colégio. | 98 |
| Ilustração 98 - Talude do Largo do Colégio - café. | 100 |

| | |
|--|-----|
| Ilustração 99 - Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude do Largo do Colégio - café. | 101 |
| Ilustração 100 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude do Largo do Colégio - café. | 101 |
| Ilustração 101 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude do Largo do Colégio - café. | 102 |
| Ilustração 102 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude do Largo do Colégio - café..... | 102 |
| Ilustração 103 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude do Largo do Colégio - café. | 103 |
| Ilustração 104 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude do Largo do Colégio - café..... | 103 |
| Ilustração 105 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude do Largo do Colégio – café. | 104 |
| Ilustração 106 - Mapa de concentração de polos e respetivos planos obtido no <i>software DIPS</i> relativos às diaclases do Talude do Largo do Colégio - café. | 105 |
| Ilustração 107 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no <i>software DIPS</i> relativas ao Talude do Largo do Colégio - café..... | 105 |
| Ilustração 108 - Teste de <i>Markland</i> realizado no <i>Software Rockpack</i> para o Talude do Largo do Colégio - café..... | 106 |
| Ilustração 109 - Talude da Rua da Senhora das Verdades. | 107 |
| Ilustração 110 - Talude da Rua da Senhora das Verdades, vista de pormenor..... | 107 |
| Ilustração 111- Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Senhora das Verdades. | 109 |
| Ilustração 112 - Perfil tipo, elaborado no <i>Software Rocfall</i> que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Senhora das Verdades. | 109 |
| Ilustração 113 - Mapa de concentração de polos e respetivos planos obtido no <i>software DIPS</i> relativos às diaclases do Talude da Rua da Senhora das Verdades..... | 110 |
| Ilustração 114 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no <i>software DIPS</i> relativas ao Talude da Rua da Senhora das Verdades. | 110 |
| Ilustração 115 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude da Rua da Senhora das Verdades. | 111 |
| Ilustração 116 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude da Rua da Senhora das Verdades. | 111 |

| | |
|---|-----|
| Ilustração 117 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude da Rua da Senhora das Verdades..... | 112 |
| Ilustração 118 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude da Rua da Senhora das Verdades. | 112 |
| Ilustração 119 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude da Rua da Senhora das Verdades. | 113 |
| Ilustração 120 - Histograma obtido no <i>software DIPS</i> que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude da Rua da Senhora das Verdades. | 113 |
| Ilustração 121 - Teste de <i>Markland</i> realizado no <i>Software Rockpack</i> para o Talude da Rua da Senhora das Verdades..... | 114 |
| Ilustração 122- Teste de <i>Markland</i> realizado no <i>Software Rockpack</i> , com todos os planos de diaclasamento, para o Talude da Rua da Senhora das Verdades. | 114 |
| Ilustração 123 - Talude da Ribeira (terreno agrícola). | 116 |
| Ilustração 124 - Talude do Largo dos Arcos da Ribeira (coberto)..... | 117 |
| Ilustração 125 - Talude de São Bento, coberto por vegetação..... | 118 |
| Ilustração 126 - Talude de São Bento onde se observa a ocupação habitacional no topo. | 118 |
| Ilustração 127 - Pequena porção descoberta do talude de São Bento..... | 119 |
| Ilustração 128 - Talude do Túnel da Ribeira. | 120 |
| Ilustração 129 - Talude do Codeçal. | 121 |
| Ilustração 130 - Cartografia no <i>software ArcGIS</i> onde se observa a área de estudo delimitada a verde. | 130 |
| Ilustração 131 - Cartografia no <i>ArcGIS</i> onde se observa com maior detalhe os polígonos correspondentes os taludes da Avenida D. Afonso Henriques (laranja), Avenida D. Afonso Henriques Poente (amarelo) e o Talude de São Bento (azul). | 130 |
| Ilustração 132 - Cartografia no <i>ArcGIS</i> onde se observa com maior detalhe os polígonos correspondentes os taludes da Rua da Pena Ventosa 1, 2 e 3 (laranja e amarelo, a norte) e os taludes do Largo do Colégio (amarelo, a sul) e Largo do colégio - café (roxo). | 131 |
| Ilustração 133 - Cartografia no <i>ArcGIS</i> onde se observa os polígonos correspondentes os taludes da Rua da Senhora das verdades (amarelo, a norte), Escadas do Barroso (amarelo, no centro), Talude do Codeçal (verde), Talude do Largo dos Arcos da Ribeira (roxo), Talude do Largo dos Arcos da Ribeira (coberto), Talude da Ribeira, e Talude do Túnel da Ribeira (estes três últimos estão representados a azul, no centro da figura, respetivamente, da esquerda para a direita)..... | 131 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Graus de afastamento (SIMR) | 15 |
| Tabela 2 - Descrição da continuidade (SIMR)..... | 15 |
| Tabela 3 - Descrição da abertura (SIMR)..... | 16 |
| Tabela 4 - Graus de alteração (ISMR) | 16 |
| Tabela 5 - Descrição rugosidade (Carta Geotécnica do Porto, 2003) | 16 |
| Tabela 6 - Tabela para cálculo do índice de perigosidade de taludes rochosos, adaptada de Mesquita (2013). | 21 |
| Tabela 7 - Tabela para cálculo do índice de vulnerabilidade, adaptada de Pierson (1991). | 26 |
| Tabela 8 - Tabela de conversão do valor absoluto para grau de perigosidade..... | 29 |
| Tabela 9 - Tabela de conversão do valor absoluto para grau de vulnerabilidade. | 29 |
| Tabela 10- Matriz de risco adaptada do Guia para a Caracterização de Risco no Âmbito da Elaboração de Planos de Emergência de Protecção Civil, 2009 pela ANPC..... | 30 |
| Tabela 11 - Matriz de Risco numérica adaptada do Guia para a Caracterização de Risco no Âmbito da Elaboração de Planos de Emergência de Protecção Civil, 2009 pela ANPC. | 31 |
| Tabela 12 - Parâmetros de perigosidade do Talude da Avenida D. Afonso Henriques A. | 37 |
| Tabela 13 - Parâmetros de perigosidade do Talude da Avenida D. Afonso Henriques B. | 38 |
| Tabela 14 - Parâmetros de vulnerabilidade do Talude da Avenida D. Afonso Henriques. | 40 |
| Tabela 15 - Parâmetros de perigosidade do Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente. | 42 |
| Tabela 16 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente. | 45 |
| Tabela 17- Parâmetros de perigosidade do Talude da Rua da Pena Ventosa 1. | 46 |
| Tabela 18 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude da Rua da Pena Ventosa 1. | 54 |
| Tabela 19 - Parâmetros de perigosidade do Talude da Rua da Pena Ventosa 2. | 56 |
| Tabela 20- Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude da Rua da Pena Ventosa 2. | 64 |
| Tabela 21 - Parâmetros de perigosidade do Talude da Rua da Pena Ventosa 3. | 66 |
| Tabela 22 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude da Rua da Pena Ventosa 3. | 72 |
| Tabela 23 - Parâmetros de perigosidade do Talude das Escadas do Barredo. | 75 |
| Tabela 24- Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude das Escadas do Barredo..... | 81 |
| Tabela 25 - Parâmetros de perigosidade do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.. | 83 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 26 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira. | 90 |
| Tabela 27- Parâmetros de perigosidade do Talude do Largo do Colégio..... | 92 |
| Tabela 28- Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude do Largo do Colégio..... | 98 |
| Tabela 29 - Parâmetros de perigosidade do Talude do Largo do Colégio- café..... | 99 |
| Tabela 30 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude do Largo do Colégio - café... | 106 |
| Tabela 31 - Parâmetros de perigosidade do Talude da Rua da Senhora das Verdades | 108 |
| Tabela 32 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude da Rua da Senhora das Verdades. | 115 |
| Tabela 33 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude da Ribeira (terreno agrícola). | 116 |
| Tabela 34- Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira (coberto). | 117 |
| Tabela 35 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude de São Bento. | 119 |
| Tabela 36 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude do Túnel da Ribeira..... | 120 |
| Tabela 37 - Resultados dos parâmetros da perigosidade. | 123 |
| Tabela 38 - Resultados dos parâmetros da vulnerabilidade..... | 125 |
| Tabela 39 - Tabela com os resultados da perigosidade e vulnerabilidade e respetiva conversão para intervalos qualitativos. | 127 |
| Tabela 40 - Resultados do cálculo do Risco. | 128 |
| Tabela 41 - Simbologia atribuída aos taludes. | 129 |
| Tabela 42- Dados de campo relativos ao Talude da Rua da Pena Ventosa 1..... | 137 |
| Tabela 43 - Dados de campo relativos ao Talude da Rua da Pena Ventosa 2..... | 138 |
| Tabela 44 - Dados de campo relativos ao Talude da Rua da Pena Ventosa 3..... | 138 |
| Tabela 45 - Dados de campo relativos ao Talude da Rua da Senhora das Verdades. | 138 |
| Tabela 46 - Dados de campo relativos ao Talude do Largo do Colégio. | 138 |
| Tabela 47 - Dados de campo relativos ao Talude do Largo do Colégio - café. | 138 |
| Tabela 48 - Dados de campo relativos ao Talude das Escadas do Barredo. | 138 |
| Tabela 49 - Dados de campo relativos ao Talude do Largo dos Arcos da Ribeira. ... | 138 |

Lista de Abreviaturas

DMPC – Departamento Municipal de Proteção Civil

ANPC – Autoridade Nacional de Proteção Civil

PDM – Plano Diretor Municipal

PMOT – Plano Municipal de Ordenamento do Território

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

ZCI – Zona Centro Ibérica

ZOM – Zona de Ossa Morena

CXG – Complexo Xisto-Grauváquico

RHRS – Rockfall Hazard Rating System

EUA – Estados Unidos da América

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório foi elaborado no âmbito da unidade curricular “Estágio”, enquadrada no segundo ano do Mestrado em Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Este estágio curricular, fruto da cooperação entre a Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e a Câmara Municipal do Porto, tem como tema geral “Cartografia de Risco de Taludes no âmbito dos Planos de Emergência e Proteção Civil do Município do Porto”, sob orientação do Professor Doutor Rui Miguel Marques Moura e da Dr^a. Maria Luísa Soares Borges.

Os trabalhos realizados neste estágio foram desenvolvidos no Departamento Municipal de Proteção Civil (DMPC), com o objetivo de se realizar uma cartografia de risco associada à instabilidade de taludes no Município do Porto.

1.1 - A PROTEÇÃO CIVIL

A atividade da Proteção Civil é desenvolvida pelo Estado, regiões autónomas e autarquias locais, pelos cidadãos e pelas autoridades políticas e privadas com vários princípios, entre os quais se salientam, de acordo com o artigo 5º da Lei de Bases da Proteção Civil (Lei nº 27/2006 de 3 de Julho): O princípio da Prevenção, que indica que se devem considerar os riscos de acidente grave ou catástrofe antecipadamente, para ser possível reduzir as suas consequências ou até mesmo elimina-las; O princípio da Precaução, de acordo com o qual se deve adotar medidas de diminuição do risco inerente a cada atividade. De acordo com estes princípios são elaborados os Planos de Emergência da Proteção Civil, sendo estes documentos formais, escritos pelos diferentes níveis de autoridades da Proteção Civil, onde se especifica o modo como os vários organismos, serviços e estruturas devem atuar em operações de Proteção Civil. Estes planos deverão ser alvo de revisão sempre que se identificam novos riscos na área (ANCP 2009). O documento integra dois grupos de informação: um que diz respeito à fase de resposta e operações de intervenção pós emergência, e um segundo grupo que contém a informação da estrutura da Proteção Civil e do território alvo do plano. É neste segundo grupo que se inclui a análise e cartografia de risco (Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil, 2015). No Plano Municipal de Emergência do Município do Porto, considera-se que poderão afetar o Município do Porto os seguintes tipos de riscos:

Riscos Naturais:

- Ventos Fortes;
- Cheias e Inundações;
- Secas;
- Sismos;
- Radioatividade natural – radão;
- Movimentos de massa em vertentes, escarpas e taludes;
- Ondas de calor;
- Vagas de frio;
- Tsunamis;
- Queda de meteoritos.

Riscos Tecnológicos:

- Acidentes graves de tráfego rodoviário;
- Acidentes graves de tráfego ferroviário;
- Acidentes graves de tráfego marítimo;
- Acidentes graves de tráfego aéreo;

Acidentes no transporte de mercadorias perigosas:

- Acidentes em infraestruturas fixas de transporte de substâncias perigosas;
- Acidentes em indústrias;
- Incêndios em edifícios.

Riscos Sociais:

- Grandes Alterações de Ordem Pública (Tumultos e Motins);
- Atos de Terrorismo.

A caracterização do risco que integra o Plano de Emergência visa proporcionar um melhor conhecimento do risco, assim como, promover a tomada de decisão sobre a forma como este afeta os recursos, para se poder reduzir os graus de risco para a população, bens e ambiente com recurso a atividades de prevenção e mitigação. Para se dar resposta a todos estes aspetos existe uma série de etapas que se devem seguir. Numa primeira fase é necessária a elaboração da situação de referência, onde se caracteriza e analisa os descritores mais importantes da área, o que deverá resultar numa cartografia dos aspetos físicos, socioeconómicos e infraestruturas, de forma a se poder perceber como esta será afetada em caso de acidente grave ou catástrofe. A etapa seguinte diz respeito à identificação do risco, quer seja natural, tecnológico ou misto, recorrendo a um levantamento de dados de campo, registos históricos e estudos científicos. Após o risco estar identificado procede-se à sua análise aplicando uma matriz de risco onde este é avaliado através de uma escala. Os métodos utilizados para a avaliação do risco serão descritos no capítulo referente à Metodologia. Por fim, após serem conhecidos quais os riscos e após feita a sua caracterização, são aplicadas estratégias de mitigação.

Dentro dos diferentes tipos de risco identificados no Município do Porto, no âmbito deste estágio destacam-se, como objeto de estudo, os movimentos de massa em vertentes, escarpas e taludes. Relativamente ao risco associado aos taludes, as estratégias de mitigação a implementar serão, por exemplo, obras de estabilização, sensibilização da população e a implementação de medidas de ordenamento de território (ANPC, 2009). Deste modo, deverá ser parte integrante do Plano Municipal de Emergência uma cartografia de todos os riscos inerentes ao município, assim como um plano de intervenção adequados, onde se deverá inserir a cartografia de risco de taludes a elaborar no âmbito deste estágio.

Além do Plano de Emergência existem outros planos que visam a proteção da população e onde a Proteção Civil pode ter um papel importante na sua elaboração, nomeadamente, os Planos Municipais de Ordenamento de Território (PMOT). A política de ordenamento do território inclui nos seus objetivos a prevenção dos efeitos de catástrofes naturais ou de ação humana com base numa ocupação, utilização e transformação adequada do terreno, para manter pessoas e bens em segurança. É nos Planos Municipais de Ordenamento do Território que se estabelecem os regimes do uso do solo de acordo com modelos de evolução da ocupação urbana previsível, bem como a organização das redes e sistemas urbanos, parâmetros de aproveitamento do solo e garantia da qualidade ambiental.

Entre os PMOT's, que servem como instrumentos de planeamento territorial, destaca-se o Plano Diretor Municipal (PDM) que estabelece a estrutura espacial, classificação básica do solo e os seus parâmetros de ocupação, com base na estratégia de desenvolvimento local. Na elaboração do Plano Diretor Municipal é necessário ter em conta a identificação e caracterização do Riscos e, por isso, a Cartografia Municipal de Risco deverá ser uma referência tanto para a elaboração como para a revisão do PDM, servindo de orientação no ordenamento do território, de modo a se evitar a ocupação de zonas de maior suscetibilidade aos perigos identificados. Posto isto, é clara a importância de uma melhor articulação entre a Proteção Civil e o Ordenamento do Território (ANPC, 2009).

Pode-se assim afirmar que, uma cartografia de risco em SIG (sistemas de informação geográfica) é uma ferramenta imprescindível para a elaboração dos Planos de Emergência, do Plano Diretor Municipal e outros Planos Municipais de Ordenamento de Território e que, a qualidade e eficiência destes planos depende grandemente desta mesma cartografia.

1.2 - OBJETIVOS

Este estágio tem como principal objetivo a realização de uma cartografia de risco de taludes no Município do Porto. Para o efeito, desenvolveu-se um índice de qualidade adaptado aos taludes urbanos, que permite avaliar com precisão a perigosidade da instabilidade. Neste índice de qualidade constam uma série de parâmetros que foram estudados e testados, de modo a avaliar quantitativamente a perigosidade dos taludes. À semelhança da perigosidade, pretende-se também avaliar quantitativamente a vulnerabilidade para a qual foram escolhidos e testados uma série de parâmetros. Aos diferentes parâmetros foram atribuídas pontuações de acordo com as características do talude em estudo, que, após o seu somatório, se obtém um valor quantitativo da perigosidade e da vulnerabilidade. Estes valores foram depois convertidos numa classificação qualitativa, de modo a ser aplicada uma matriz de risco, o que resulta numa classificação qualitativa final que, apesar de ser assim apresentada, tem uma série de parâmetros quantitativos que fundamentam esse resultado. Para se poderem estudar quais os parâmetros pertinentes de serem usados em ambiente urbano, foi delineada uma área piloto que contém os taludes onde os parâmetros deverão ser testados.

Após os parâmetros serem desenvolvidos e testados, pretende-se no âmbito deste estágio, realizar a cartografia de risco de taludes da área piloto em SIG, com o auxílio do *software ArcGIS*. A cartografia é apresentada como um mapa de polígonos ao qual corresponde uma tabela de atributos com todas as características possíveis de obter e oportunas para a avaliação do seu risco. Ao longo deste trabalho, foi necessária a alteração dos parâmetros a utilizar, de acordo com as realidades, dificuldades e resultados que se obtiveram no decorrer do estágio. No final, foi possível obter uma tabela com os parâmetros e pontuações que permitem avaliar a perigosidade e vulnerabilidade associada aos taludes em contexto urbano, bem como toda a metodologia necessária para se obter uma avaliação do risco mais rigorosa possível. Esta metodologia poderá ser posteriormente alargada a todo o município, permitindo realizar uma cartografia de risco de taludes no Município do Porto, que servirá de fundamento para se estabelecerem prioridades acerca de quais os taludes que mais necessitam de intervenção e obras de estabilização. Esta cartografia terá ainda potencialidade de ser inserida no Plano Municipal de Emergência e integrar o Plano Diretor Municipal.

CAPÍTULO 2 - ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

O Município do Porto localizado no Norte de Portugal, encontra-se delimitado a Sul pelo rio Douro e a Oeste pelo Oceano Atlântico, com uma área total de cerca de 41km², alongado com uma direção sensivelmente este-oeste.

O terreno português assenta na Meso-Europa, ou seja, o território Europeu grandemente afetado pela Orogenia Varisca. Esta Orogenia resultou no fecho do Oceano Rheic, envolvendo a colisão entre os continentes Laurussia e Gondwana (Ilustração 1), com formação do supercontinente Pangea que decorreu do Devónico (390Ma) ao Carbonífero (290Ma). Durante esta colisão formou-se a Cadeia Varisca, representada a amarelo na figura, que é caracterizada por diferentes zonas tectónicas, cada uma delas com características paleogeográficas, tectónicas, metamórficas e magmáticas próprias que definem alinhamentos estruturais (Arco Ibero- Armoricano, com um alinhamento sensivelmente este-oeste).

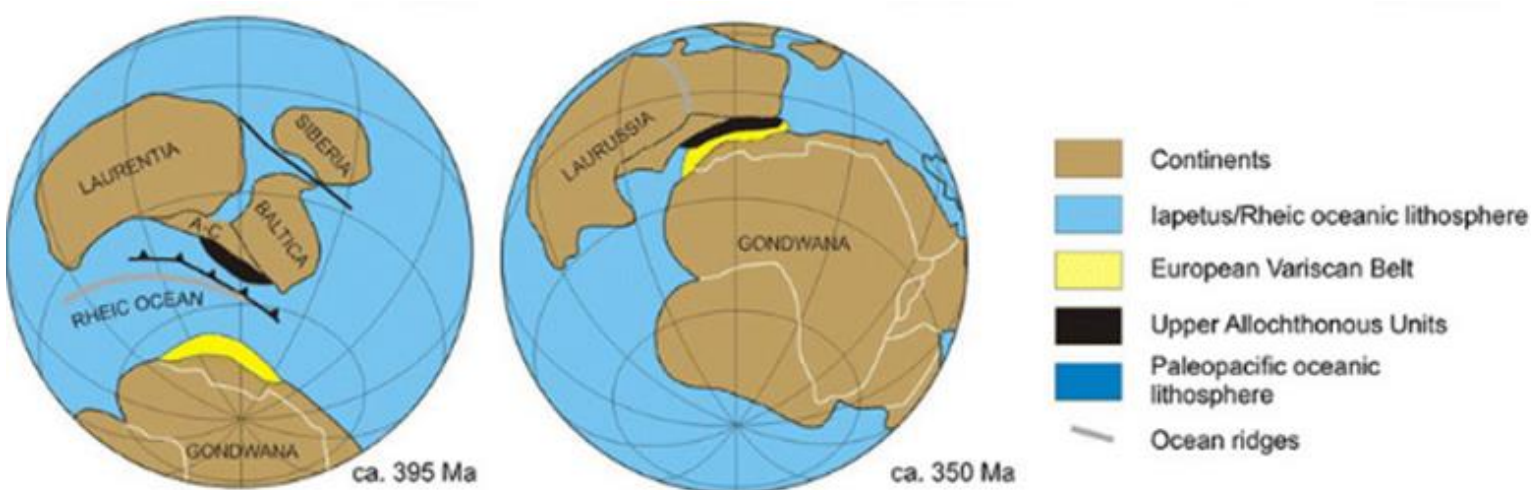


Ilustração 1 - Ilustração do fecho do Rheic, com colisão entre a Laurussia e Gondwana (adaptado de Winchester *et al.* 2002).

Durante a Orogenia Varisca, consideram-se três fases de deformação (D₁, D₂ e D₃) distintas que atuaram em diferentes idades e cada uma com uma orientação do campo de tensões própria. A idade referente a cada uma das fases de deformação, bem como a ilustração do respetivo campo de tensões em vigor encontra-se na Ilustração 2:

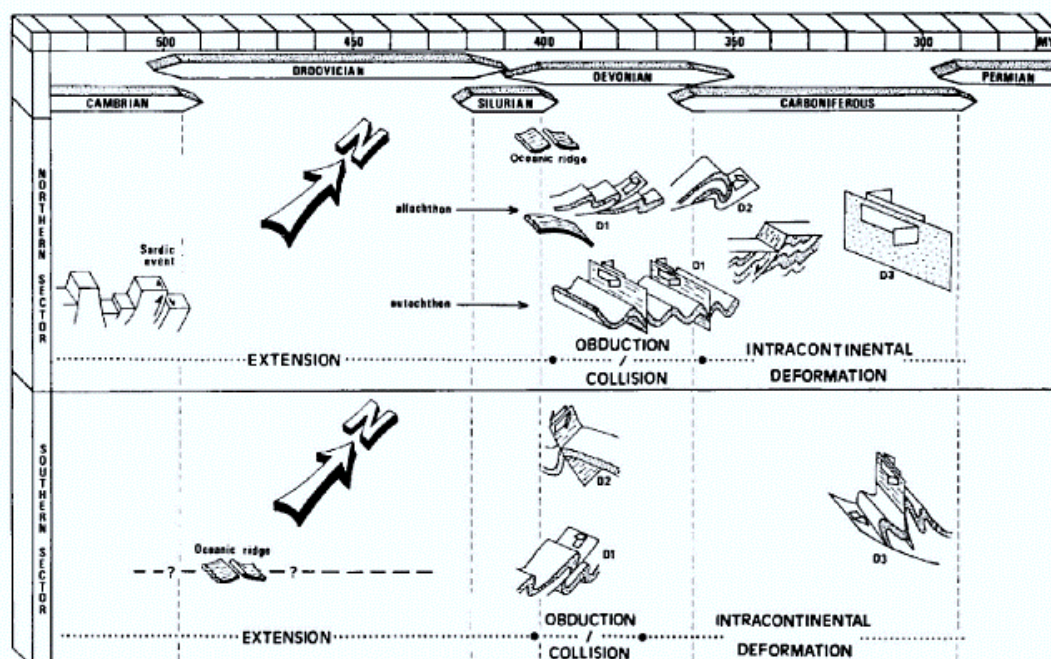


Ilustração 2 - Representação das diferentes fases de deformação da Orogenia Varisca (adaptado de Dias e Ribeiro, 1995).

De entre as diferentes zonas tectónicas, as que se encontram no território português estão representadas na Ilustração 3:

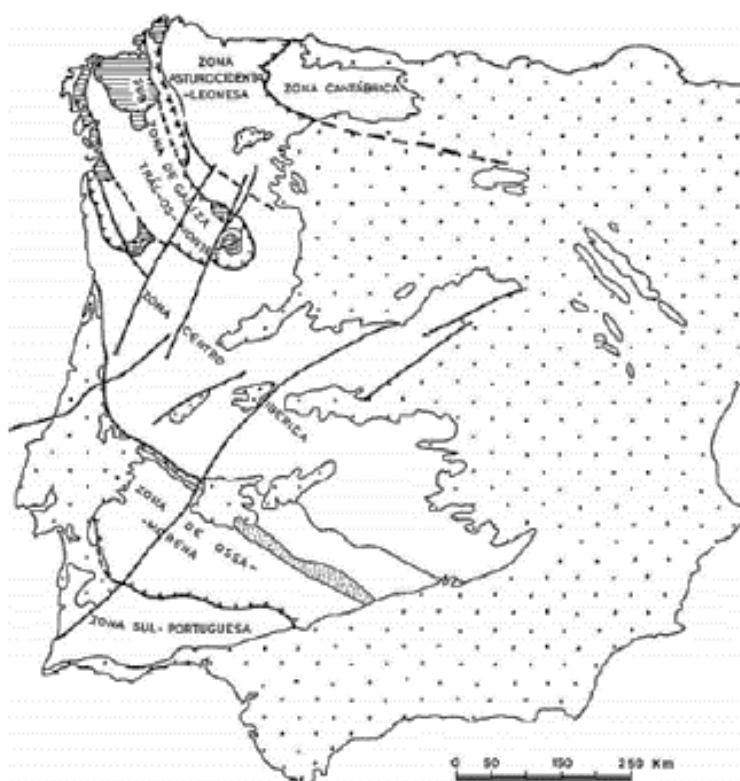


Ilustração 3 - Ilustração das zonas tectónicas do território português por Julivert *et al.* (1974).

A zona de estudo localiza-se na Zona Centro Ibérica (ZCI) e contacta a oeste com a Zona de Ossa Morena (ZOM), fronteira marcada pela zona de cisalhamento Porto-Tomar onde se encontram as litologias do Complexo Metamórfico da Foz do Douro¹ (Julivert *et al.*, 1974; Ribeiro *et al.*, 1979). As principais formações geológicas presentes no território são os sedimentos de superfície, as formações metamórficas e rochas ígneas. As rochas ígneas, nomeadamente os granitos variscos, são a litologia mais abundante do Município do Porto, formando elevações com topos aplanados que correspondem a uma extensa plataforma de erosão com extensão para Norte. Como já mencionado, o limite a sul é feito pelo rio Douro, cujo seu vale forma escarpas que cortam a plataforma (Almeida e Begonha, 2010). Esta geomorfologia de plataforma, cuja elevação diminui com a proximidade ao mar, está representada em perfil na Ilustração 4:

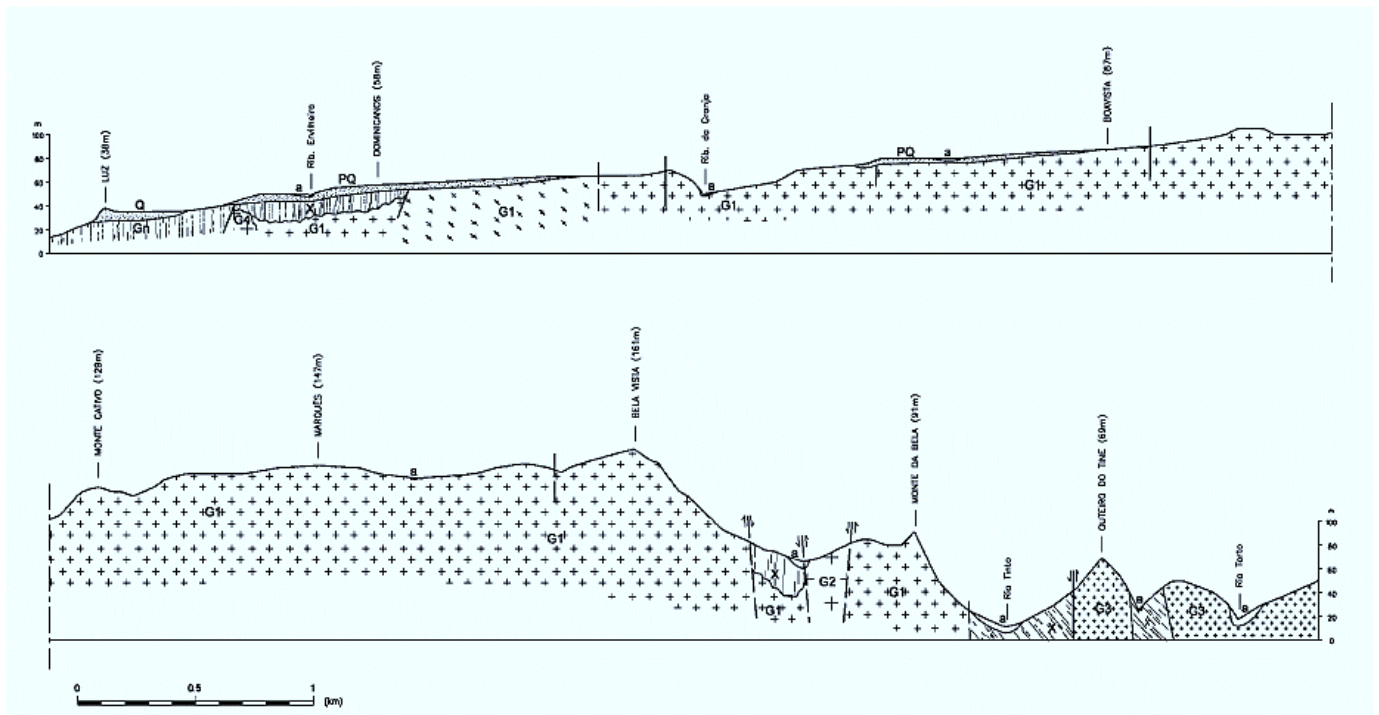


Ilustração 4 - Perfil geomorfológico do Porto desde a Foz ao Rio Torto (adaptado de Carta Geotécnica do Porto, Notícia Explicativa, 2003)

¹ Micaxistos e metagrauvaques finos, muito deformados, de idade ante-Ordovícica.

De entre estas litologias graníticas dominantes no território, podem-se distinguir, segundo Ferreira *et al.* (1987), os granitos biotíticos e os granitos de duas micas. Os primeiros correspondem a uma série tardia, tardi a pós-D₃ ou a uma série precoce ante a sin-D₃ de granitos deformados. A série tardia está representada pelo afloramento onde se localiza o Castelo do Queijo, com um granito biotítico porfiróide de grão médio a grosseiro, enquanto a série precoce apresenta granitos não porfiróides, de grão médio a fino e textura orientada (biotites e oligoclases orientadas, devido à deformação), em pequenos afloramentos na zona este da cidade, onde intruem metassedimentos do Complexo Xisto-Grauváquico² (CXG). Por sua vez, os granitos de duas micas, são os mais representativos da área e a sua instalação foi controlada pela fase D₃ (compressão máxima NE-SW que gerou dobras NW-SE e cisalhamentos ENE-WSW), o que lhes conferiu uma orientação geral NW-SE devido à ação da tectónica Varisca (Noronha *et al.*, 1981). Entre os granitos de duas micas distingue-se o Granito do Porto e o Granito de Contumil. O granito de Contumil, da zona nordeste da cidade (Contumil e Areosa) é sintectónico, de grão grosseiro e porfiróide (ou de tendência porfiróide) (Carta Geotécnica do Porto, 2003).

O granito do Porto, como o nome sugere, é a fácies mais abundante e representativa na cidade e trata-se de um granito de duas micas com uma granularidade variável, desde média a grosseira, ou fina a média. É não porfiróide, mas, localmente pode apresentar tendências porfiróides, sendo estas variações de textura e granulometria graduais. Relativamente à mineralogia, este granito possui quartzo xenomórfico com extinção ondulante; feldspato potássico sob a forma de ortoclase e/ou microclina, com intensa caulinização em amostras alteradas; plagioclase sob a forma de oligoclase-albite; biotite como sendo o único mineral máfico, fortemente pleocróico e com inclusões de zircão e apatite; moscovite primária em placas desenvolvidas e moscovite tardia resultante da moscovitização da biotite e da plagioclase, mais abundante do que a biotite; zircão; apatite; monazite; opacos; turmalina e granada (Almeida *et al.*, 2014).

Este granito apresenta, por vezes, uma textura mais grosseira e porfiróide de carácter pegmatítico. Além disso, pode surgir cortado por filões centimétricos aplíticos e pegmatíticos, geralmente associados (Carta Geotécnica do Porto, 2003).

² Constituído essencialmente por metassedimentos, anfibolitos e ortognaisses de quatro tipos (Borges *et al.*, 1985).

Os estudos geoquímicos realizados no granito do Porto indicam um carácter fortemente peraluminoso (razões A/CNK entre 1,2 e 1,5) que, juntamente com os dados mineralógicos (nomeadamente a moscovite primária abundante) apontam para que, o granito do Porto, seja classificado como um granito do tipo S, de fonte crustal metassedimentar, nomeadamente metapelítica (Chappel e White, 1974 em Almeida *et al.*, 2014).

Relativamente à sua datação, o estudo dos sistemas isotópicos Sm-Nd e Rb-Sr por Almeida *et al.* (2014), indicaram que o processo de instalação magmática ter-se-ia dado há 306 ± 7 Ma. A comparação destes dados com estudos anteriores de datação U-Pb em zircões que indicam uma idade mínima de 318 ± 2 Ma, aponta que se devem considerar os valores mais antigos da margem de erro, resultando numa idade de 313Ma.

Finalmente, do ponto de vista geotécnico, trata-se um granito que muitas vezes se encontra intensamente alterado e com grandes variações abruptas do grau de alteração, à superfície e em profundidade (de W1 a W5). Os afloramentos geralmente encontram-se bastante fraturados (F1 a F3) com duas famílias predominantes de descontinuidades subverticais e uma subhorizontal (Cartas de Perigosidade Geológica da Zona Histórica do Porto, 2007).

É de notar que, as unidades predominantes na área são os solos aluvionares e coluvionares; solos residuais graníticos medianamente compactos; solos residuais graníticos compactos a maciço rochoso de muito fraca qualidade e maciço granítico de fraca a excelente qualidade (Ilustração 5).

Em relação à geomorfologia é de notar que, na área de estudo, existem zonas potencialmente instáveis, com taludes assinalados, alguns deles com obras de estabilização e episódios de quedas de blocos registados (Ilustração 6).

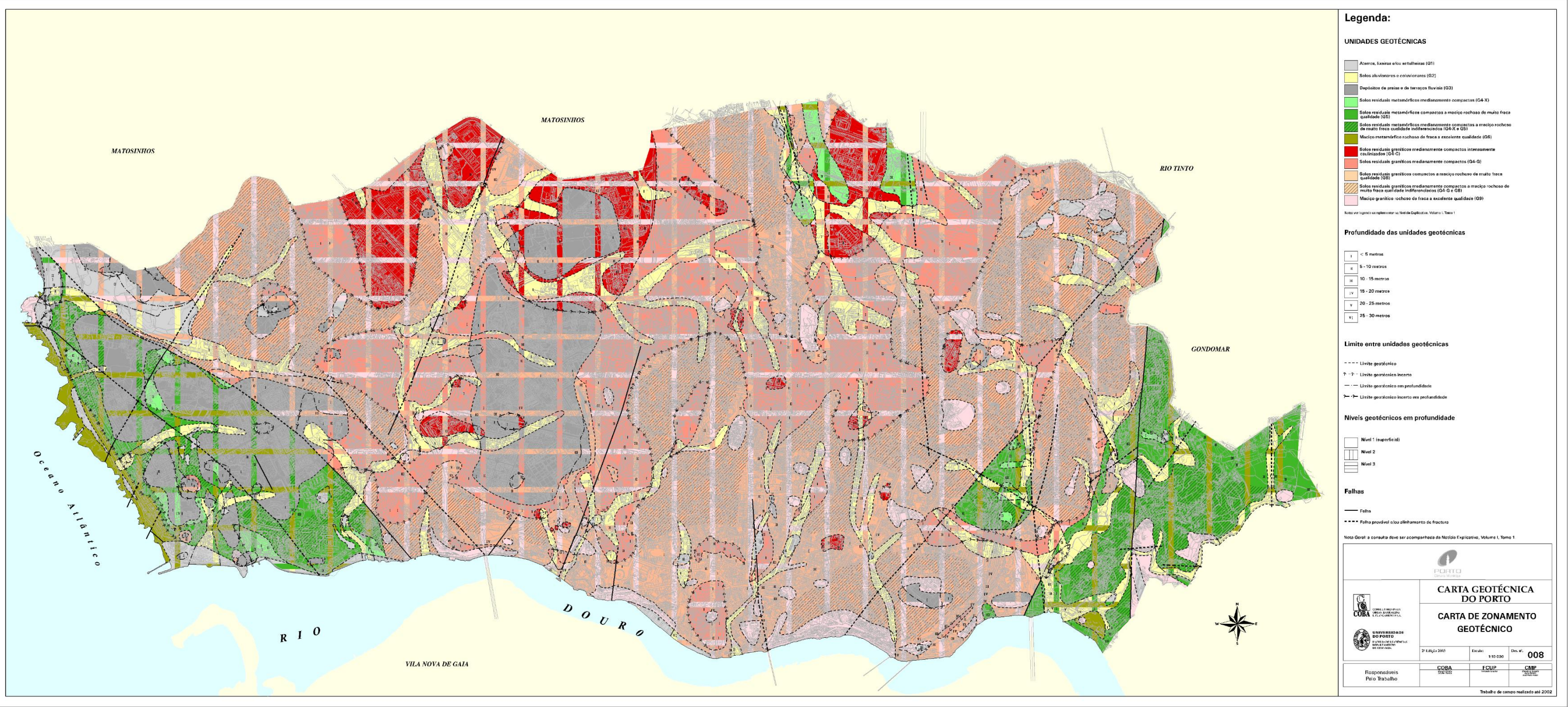


Ilustração 5 – Carta de Zonamento Geotécnico (Carta Geotécnica do Porto, 2003)

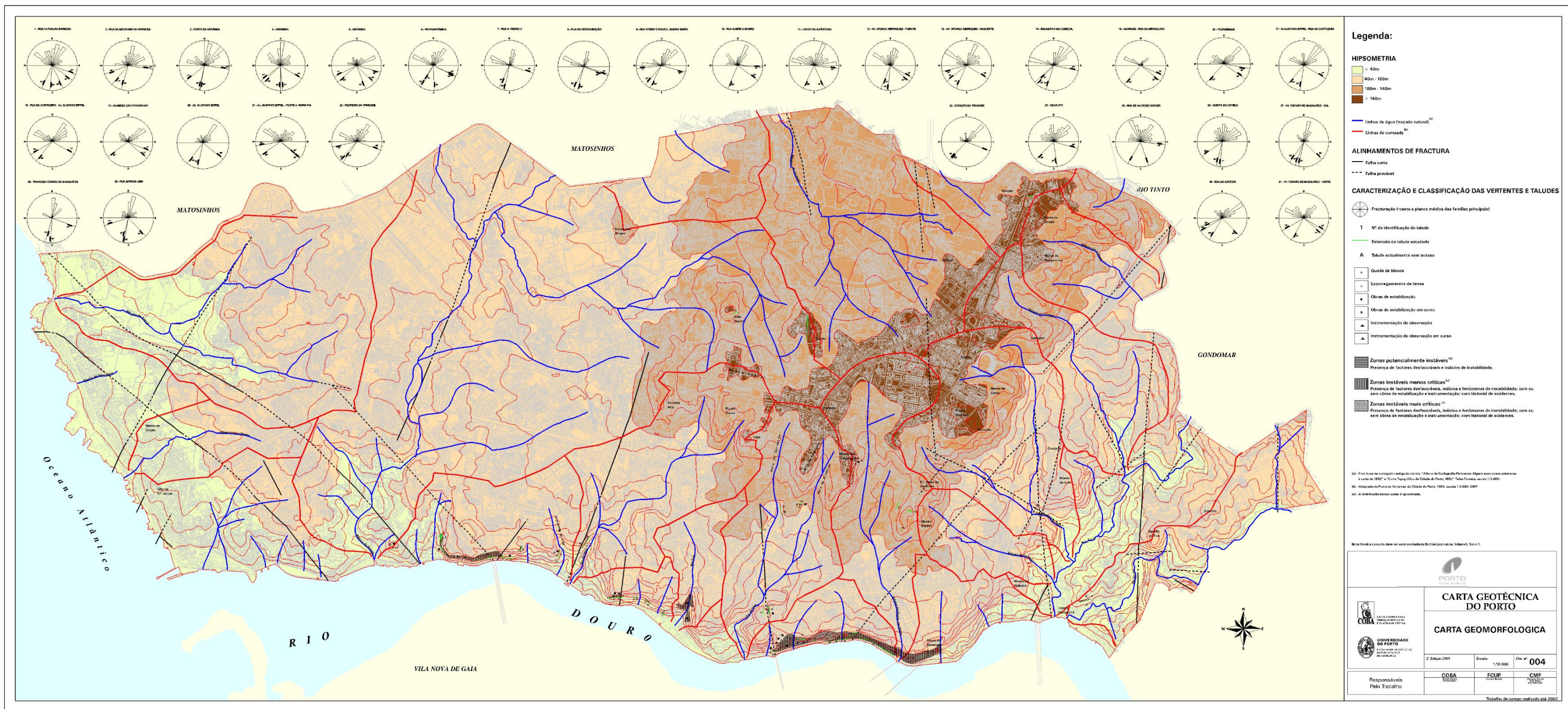


Ilustração 6 – Carta Geomorfológica (Carta Geotécnica do Porto, 2003)

Relativamente à hidrogeologia da área, o nível freático localiza-se, geralmente, a profundidades inferiores a 10m. De acordo com a Carta Geotécnica do Porto (2003), a maior parte (62%) das medições de nível freático realizadas com sondagens e piezómetros revelaram profundidades iguais ou inferiores a 5m. Segundo a mesma fonte, é ainda relevante referir que, para os maciços graníticos medianamente alterados a sãos, a permeabilidade é baixa (podendo variar de muito baixa a média em maciços F3), e geralmente os maciços pouco fraturados (F1 a F2) apresentam permeabilidade mais baixa. Os baixos valores de profundidade do nível freático na área de estudo e a sua proximidade à bacia hidrográfica do rio Douro fazem com que seja frequente a presença de água nos taludes, que constitui um fator de instabilidade.

Para o estudo do diaclasamento, no âmbito deste trabalho, foi realizado o levantamento das orientações das diáclases, e, quando possível, os dados relativos ao espaçamento/afastamento (tabela 1), continuidade (tabela 2), abertura (tabela 3), estado de alteração (tabela 4), rugosidade (tabela 5), preenchimento e percolação de água, adotando-se critérios reconhecidos pela Comissão de Classificação de Rochas e Maciços Rochosos da SIMR (Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas).

Tabela 1 - Graus de afastamento (SIMR)

| Símbolo | Intervalo (m) | Designação |
|----------------|----------------------|------------------------|
| F ₁ | >2 | Muito afastadas |
| F ₂ | 0.6 – 2 | Afastadas |
| F ₃ | 0.2 - 0.6 | Medianamente afastadas |
| F ₄ | 0.06 – 0.2 | Próximas |
| F ₅ | <0.06 | Muito próximas |

Tabela 2 - Descrição da continuidade (SIMR)

| Continuidade | |
|-----------------------|----------|
| Muito pouco contínua | <1m |
| Pouco contínua | 1 – 3m |
| Medianamente contínua | 3 – 10m |
| Contínua | 10 – 20m |
| Muito contínua | >20m |

Tabela 3 - Descrição da abertura (SIMR)

| Abertura | |
|-----------------|------------|
| Fechadas | <0.5mm |
| Abertas | 0.5 – 10mm |
| Muito abertas | >10mm |

Tabela 4 - Graus de alteração (ISMR)

| Símbolo | Designação | Descrição |
|----------------|-----------------------|--|
| W ₁ | São | Sem quaisquer sinais de alteração |
| W ₂ | Pouco alterado | Sinais de alteração apenas nas imediações das descontinuidades |
| W ₃ | Medianamente alterado | Alteração visível em todo o maciço, mas a rocha não é friável |
| W ₄ | Muito alterado | Alteração em todo o maciço e a rocha é parcialmente friável |
| W ₅ | Decomposto (saibro) | Maciço completamente friável ou com comportamento de solo |

Tabela 5 - Descrição rugosidade (Carta Geotécnica do Porto, 2003)

| | |
|-----------|----------|
| Planar | Macia |
| | Rugosa |
| | Estriada |
| Ondulada | Macia |
| | Rugosa |
| | Estriada |
| Patamares | Macia |
| | Rugosa |
| | Estriada |

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

3.1 - NOÇÕES TEÓRICAS

O termo talude diz respeito a uma superfície exposta do terreno que faz um dado ângulo com a horizontal. Relativamente à sua génese, estes podem ser de origem natural, como os que encontramos em encostas de montanhas resultantes de fenómenos de geodinâmica e evolução geomorfológica do terreno; de escavação, como os que encontramos em cortes de estradas; ou de aterro.

Independentemente da natureza do talude, existem fatores que influenciam e podem comprometer a sua estabilidade. Como fatores intrínsecos ao talude, que podem condicionar a sua estabilidade temos os aspetos geométricos, geológicos, hidrogeológicos e geotécnicos. Além destes, podem ainda atuar fatores extrínsecos, desencadeantes de instabilidade como sobrecargas de construções, sismos, fatores climáticos, etc. É de notar que, dentro destes fatores que podem desencadear instabilidade num talude, temos elementos de causa natural, como chuvadas intensas, atividade sísmica e vulcânica, e também fatores antrópicos como perturbações na drenagem, remoção da vegetação, escavação, ocupação imprópria etc (Highland, L., 2008).

A influência de um, ou conjugação de vários elementos que comprometem a estabilidade dos taludes acabam muitas vezes por resultar em movimentos de terrenos, tanto em ambiente natural como em ambiente construído. Existem vários tipos de movimentos, com propriedades e características distintas, nomeadamente, o tipo de material envolvido (rochoso, solo, etc), velocidade, teor em água/ar, entre outros. Apesar da caracterização de todos os diferentes tipos de movimentos não se enquadrar no âmbito deste trabalho, é de notar que os que se observam com maior frequência na área de estudo são: a queda de blocos em maciços rochosos e os escorregamentos associados a maciços decompostos, muito alterados, ou depósitos de solos residuais ou de cobertura. A queda de blocos é tão frequente na zona que se observam blocos caídos na base da maioria dos taludes.

Os aspetos relacionados com a instabilidade de taludes, a serem tratados em maior pormenor no desenvolvimento deste relatório, podem comprometer a segurança das populações e dos bens materiais. Tal facto remete-nos, novamente, para a importância do estudo do risco associado aos taludes no âmbito da Proteção Civil, sendo esta uma área transversal da sociedade que deverá abranger todos os domínios do conhecimento através da cooperação com instituições de investigação científica e técnica, realizando o levantamento, previsão, avaliação e prevenção dos riscos coletivos, tanto de origem natural como humana ou tecnológica e procedendo à análise de vulnerabilidade por parte da população e sistemas ambientais (Metodologia para a Cartografia de Risco, 2014).

Para uma melhor compreensão dos assuntos e metodologias a serem apresentados neste capítulo, é de extrema importância a compreensão de alguns conceitos e definições que se encontram intimamente ligadas com o que é o risco e como este pode ser avaliado. Para tal, serão descritos os seguintes conceitos de acordo com a ANPC³:

- **Perigo** diz respeito ao processo suscetível de produzir perdas e danos identificados. Aplica-se a todos os processos e ações, sejam estes de causa natural, tecnológica ou mistos.
- **Severidade** refere-se ao potencial destruidor do processo ou ação, ou seja, a sua capacidade de causar danos. Este conceito refere-se apenas à grandeza física do fenómeno (magnitude, intensidade, grau, velocidade ...) e não às consequências.
- **Suscetibilidade** diz respeito às áreas com propensão de serem afetadas por um perigo, em tempo indeterminado. Refere-se apenas à incidência espacial do perigo e não à sua probabilidade de ocorrência.
- **Perigosidade** define-se como a probabilidade de ocorrência de um processo ou ação com uma determinada severidade e com potencial para provocar danos, numa dada área e num dado período de tempo. Este conceito aplica-se aos processos e ações de causa natural, tecnológica ou mistos e abrange os conceitos de perigo, severidade e suscetibilidade, às quais se adiciona a componente temporal. A probabilidade de ocorrência deverá ser quantificada e sustentada cientificamente.

³ Autoridade Nacional de Proteção Civil

- **Elementos expostos** dizem respeito à população, propriedades, estruturas, infraestruturas, atividades económicas, etc., que se encontram expostos, ou seja, potencialmente afetáveis por um processo perigoso, num dado território.
- **Elementos expostos estratégicos, vitais e/ou sensíveis** são o conjunto de elementos expostos de importância vital e estratégica que permitem dar resposta a emergências (como a rede hospitalar e de saúde, rede escolar, quartéis de bombeiros e instalações de outros agentes de Proteção Civil e autoridades civis e militares) e de suporte básico às populações (origens e redes principais de abastecimento de água, rede elétrica, centrais e retransmissores de telecomunicações).
- **Vulnerabilidade** representa o grau de perda de um elemento ou conjunto de elementos expostos, que resulta de um dado processo, ou ação natural, tecnológico ou misto de determinada severidade.
- **Valor dos elementos expostos** corresponde ao valor monetário de um elemento ou conjunto de elementos em risco. Refere-se ao custo de mercado da respetiva recuperação, incluindo a estimativa das perdas económicas diretas e indiretas por cessação ou interrupção de funcionalidade, atividade ou laboração.
- **Risco** diz respeito à probabilidade de ocorrência de um processo, ou ação, perigoso e com consequências económicas ou para a segurança das pessoas. Inclui a respetiva estimativa das consequências sobre pessoas, bens ou ambiente, expressas em danos corporais e/ou prejuízos materiais e funcionais, diretos ou indiretos.

Posto isto, o Risco obtém-se de acordo com a expressão:

$$\text{Risco} = \text{Perigosidade} \times \text{Vulnerabilidade}$$

3.2 - PARÂMETROS

Como modelo base para a seleção dos parâmetros a utilizar, de modo a avaliar a perigosidade e a vulnerabilidade associada aos taludes, foi tido em conta o *Rockfall Hazard Rating System* (RHRS), desenvolvido pelo Departamento de Transportes de Oregon nos EUA em 1990. O RHRS surgiu da necessidade de avaliar o risco associado a taludes em rodovias, uma vez que, até essa data, os taludes presentes nas extensas rodovias eram alvo de estudos geotécnicos rudimentares. De modo a possibilitar uma análise detalhada dos taludes presentes ao longo de centenas de quilómetros de estrada nos EUA (Estados Unidos da América) e Canadá, foi criado o RHRS, que permite identificar os taludes que representam maior risco e estabelecer prioridades relativamente à necessidade de implementação de medidas de mitigação (Pierson *et al.* 1990). Este índice tem sido adaptado e utilizado ao longo dos anos em diferentes estados dos EUA, Canadá e ainda outros países como Itália e mesmo Portugal. Destes sistemas fazem parte uma série de parâmetros aos quais são atribuídos uma pontuação parcial de acordo com as características do talude em estudo. Essa pontuação é atribuída exponencialmente (3, 9, 27, 81), de modo a que, ao efetuar o somatório das pontuações parciais dos diferentes parâmetros, se obtenham diferenças consideráveis na pontuação final.

Foram tidas em conta as variadas adaptações, de onde resultou uma nova adaptação dos vários parâmetros utilizados que se pensa serem pertinentes, no âmbito deste trabalho. É importante referir que existem parâmetros presentes no RHRS e suas adaptações que não integram este trabalho e, em contrapartida foram desenvolvidos novos parâmetros, uma vez que, o RHRS foi criado para taludes em rodovias, enquanto a área de estudo se insere numa zona urbana.

Ao contrário do que acontece com os sistemas desenvolvidos até agora, no âmbito deste trabalho, os parâmetros relacionados com a perigosidade são somados separadamente dos parâmetros que dizem respeito à vulnerabilidade, para posteriormente se poder aplicar uma matriz de risco.

Posto isto, os parâmetros que pretendem caracterizar a perigosidade dos taludes, encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Tabela para cálculo do índice de perigosidade de taludes rochosos, adaptada de Mesquita (2013).

| | | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|---|---|---|--|--|
| Altura do talude | | ≤ 6 metros | 6 a 12 metros | 12 a 18 metros | ≥ 18 metros |
| Inclinação | | ≤ 45° | 45 a 60° | 60 a 75° | ≥ 75 |
| Capacidade de retenção entre a valeta e a base do talude | | Boa | Moderada | Reduzida | Nula |
| Geologia | Condições estruturais (descontinuidades) | Descontinuidades com orientação favorável | Descontinuidades com orientação aleatória | Descontinuidades com orientação desfavorável | Descontinuidades muito contínuas (<3m) com orientação desfavorável |
| | Grau de alteração | W_1 | W_2 | W_3 | W_4 |
| | Afastamento | F_5 | F_4 | F_3 | F_2/F_1 |
| | Presença de água no talude | Completamente seco | Ligeiramente húmido | Gotejando | Fluído |
| | Atrito nas descontinuidade | Rugoso, irregular | Ondulado | Planar | Preenchimento argiloso ou polido |
| | Continuidade | Muito pouco contínuas (<1m) | Pouco contínuas (1 a 3m) | Medianamente contínuas (3 a 10m) | Contínuas a muito contínuas (>10m) |
| | Volume do bloco unitário | $<0,1m^3$ | $0,1 - 0,5m^3$ | $0,5 - 1m^3$ | $>1m^3$ |
| Historial de ocorrências de queda | | Sem historial ou desconhecido | 1 em 10 anos | 1 em cinco anos | >1 em 5 anos |

- **Altura do talude:** os potenciais danos causados por uma possível queda de blocos estão relacionados com a altura do talude uma vez que, a energia potencial da massa de rocha aumenta com a altura de onde esta cai, sendo maior o risco quanto mais alto for o talude. Os intervalos estão definidos de acordo com Mesquita (2013).
- **Inclinação do talude:** à semelhança do ponto anterior, quanto maior a inclinação maior a perigosidade em caso de queda de blocos. Quando um talude possui uma inclinação inferior, os blocos deslizam ao longo do talude, perdendo energia cinética pelo percurso, enquanto que, quando o talude é vertical os blocos caem com uma energia potencial máxima. Os valores foram atribuídos de acordo com Mesquita (2013).
- **Capacidade de retenção entre a valeta e a base do talude:** de modo a avaliar a capacidade que a valeta de retenção do talude em estudo tem para reter os blocos em caso de queda utilizou-se o *software Rocfall* desenvolvido pela *Rockscience*. Este *software* permite a modelação da queda de blocos de acordo com a morfologia do talude e as características dos materiais (coeficiente de restituição e ângulo de atrito). Com base nessas trajetórias será possível avaliar se a valeta de retenção existente é suficiente para o caso ou não.
- **Condições estruturais:** para cálculo deste parâmetro é necessário o levantamento das orientações das descontinuidades existentes no talude (diaclasses, no caso de taludes graníticos) de modo a se poder recorrer ao teste de *Markland* e avaliar as possíveis condições de estabilidade. Para se realizar o Teste de *Markland* é tido em conta a direção da crista do talude e o círculo ou círculos maiores representativos dos planos correspondentes às máximas concentrações polares. Recorrendo à sua representação estereográfica, é possível saber qual o tipo de instabilidade possível, representados na Ilustração 7:

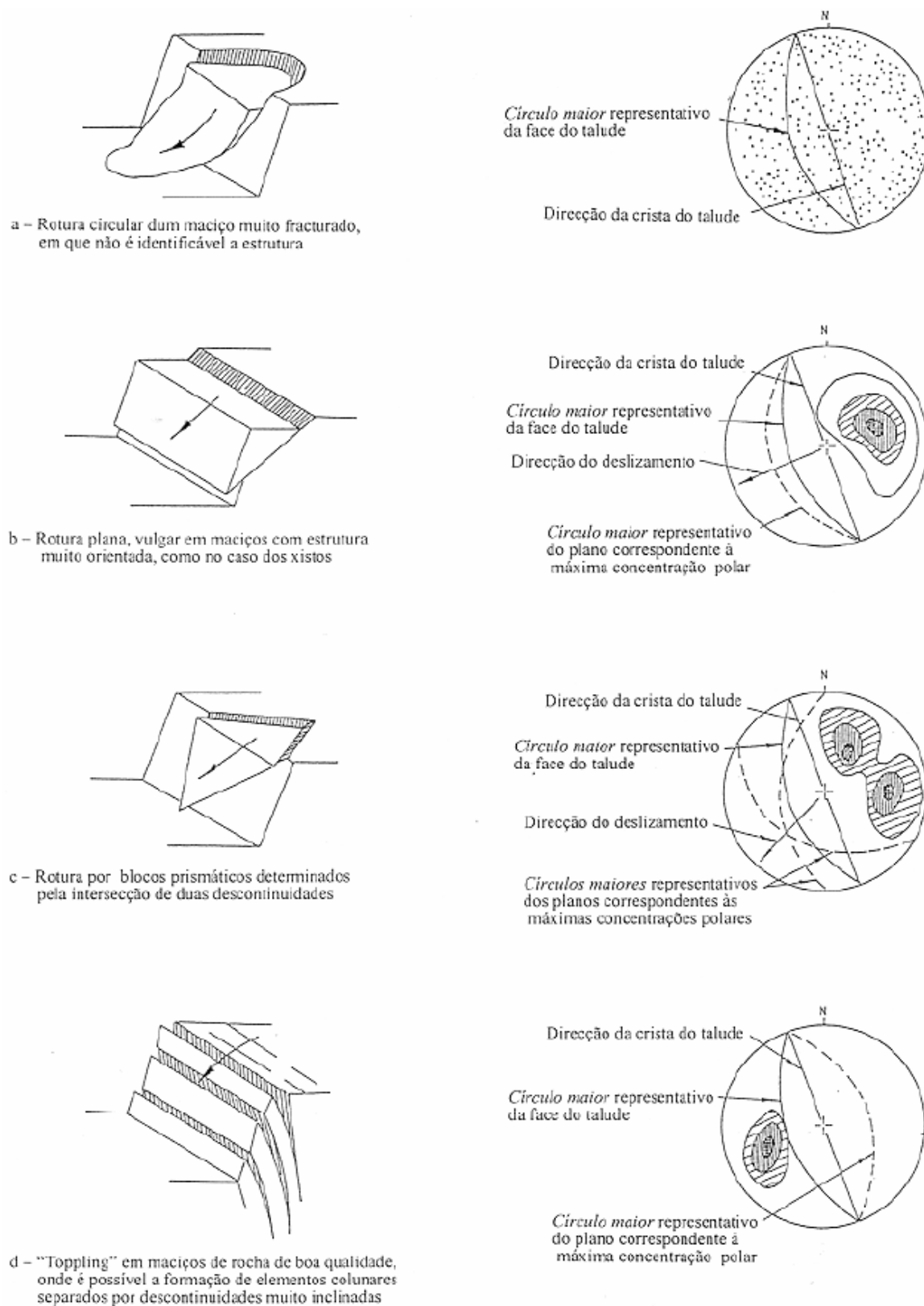


Ilustração 7 - Diferentes tipos de deslizamento de acordo com o Teste de *Markland* (Mesquita, V., 2013, p.16 a 20).

A classificação deste parâmetro tem em conta se a orientação das descontinuidades é favorável (não haverá rotura), aleatória, desfavorável (o teste de *Markland* indica que haverá rotura de um dos tipos indicados na Ilustração 7) e a continuidade das diaclases. A pontuação é assim atribuída de acordo com a conjugação destes dois aspetos, como indicado na Tabela 6, segundo Pierson e Van Vickle (1993). O tratamento estatístico das diaclases relativamente à orientação das principais famílias de diaclasamento e a respetiva continuidade é feito com o auxílio do *software DIPS*, enquanto o Teste de *Markland* é feito no *software Rockpack*.

- **Grau de alteração e presença de água:** São características estruturais e geotécnicas que afetam grandemente a estabilidade do talude, uma vez que, regra geral, quanto mais alterado o maciço estiver, mais perigoso será, e a presença de água muitas vezes é um fator desencadeador da instabilidade (diminui o atrito). Os parâmetros e os respetivos intervalos estão de acordo com Pierson e Van Vickle (1993).
- **Afastamento:** Este parâmetro, correspondente à distância entre duas descontinuidades da mesma família, influencia o tamanho dos blocos que poderão cair.
- **Atrito nas descontinuidades:** diz respeito à rugosidade dos blocos que condiciona ou potencia a capacidade que os blocos têm em se deslocar relativamente uns aos outros. Quando uma descontinuidade é bastante rugosa, o atrito entre as descontinuidades é grande e os blocos têm dificuldade em deslizar sobre os outros, no entanto, quando a face é plana e lisa os blocos escorregam facilmente. O caso que representa maior perigosidade é quando as descontinuidades são praticamente polidas ou estão preenchidas por argilas já que, nessas situações, a força de atrito é muito baixa (Pierson e Van Vickle, 1993).
- **Continuidade das diaclases:** em casos de quedas de blocos, quanto maior esses blocos forem, maior a perigosidade associada ao talude. O tamanho dos blocos é influenciado pelo espaçamento em conjugação com a continuidade das descontinuidades.

- **Volume do bloco unitário:** à semelhança do tamanho dos blocos, o volume do bloco depende do afastamento das descontinuidades das diferentes famílias que formam o bloco. A perigosidade é maior quando maior for o volume dos blocos. Os intervalos foram estabelecidos de acordo com a dispersão de valores obtidos no campo.
- **Historial de ocorrências de queda:** O historial das ocorrências é uma ferramenta muito importante na previsão de potenciais futuras quedas. As pontuações estão atribuídas segundo a dispersão de valores obtidos no âmbito deste trabalho.

Um dos parâmetros capazes de influenciar grandemente a estabilidade de um talude e que, muitas vezes desempenha o papel de desencadeante dos fenómenos de instabilidade é o clima. Um clima rigoroso, com chuvas fortes e ciclos de gelo e degelo contribui grandemente para a instabilidade dos maciços. No presente caso de estudo não será incluído esse parâmetro nos cálculos, uma vez que, todos os taludes se localizam no município do Porto e estão sujeitos sensivelmente ao mesmo clima, sem alterações significativas, o que levaria a que fosse atribuída a mesma pontuação parcial a todos os taludes.

Alguns destes parâmetros que pretendem avaliar a perigosidade dos taludes são por vezes subjetivos e difíceis de avaliar. Em caso de dúvida ou de heterogeneidade das características do talude será atribuída a pontuação que representa uma maior perigosidade.

Por sua vez, os parâmetros estudados e testados que permitem avaliar quantitativamente a vulnerabilidade encontram-se na Tabela 7:

Tabela 7 - Tabela para cálculo do índice de vulnerabilidade, adaptada de Pierson (1991).

| | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|---|--|--|---|
| Ocupação do Talude | Nula | Agrícola | Logradouro | Habitacional |
| Contexto urbanístico | Zona interdita | Zona habitacional | Zona de atração turística | Zona com grande afluência de pessoas, como edifícios públicos, áreas comerciais, etc... |
| Largura da Plataforma | >9m | 6 a 9m | 3 a 6m | <3m |
| Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos | Probabilidade de atingir pessoas e/ou veículos <25% | Probabilidade de atingir pessoas e/ou veículos de 25 a 50% | Probabilidade de atingir pessoas e/ou veículos de 50 a 75% | Probabilidade de atingir pessoas e/ou veículos >75% |
| Distância de visibilidade | Adequada | Moderada | Reduzida | Muito reduzida |

- **Ocupação do talude:** Diz respeito ao tipo de ocupação do talude em estudo e como os diferentes tipos de ocupação influenciam a vulnerabilidade. A vulnerabilidade é mínima no caso de não existir qualquer tipo de ocupação e máxima no caso de ocupação habitacional, uma vez que, a pontuação aumenta exponencialmente no sentido do menor para o maior grau de exposição dos elementos expostos. Os diferentes tipos de ocupação foram adaptados de Mesquita (2013).

- **Contexto urbanístico:** Apesar de a área piloto se tratar de uma zona urbana, os taludes estudados podem estar inseridos em diferentes contextos consoante o tipo de ocupação urbanística da envolvente. De modo a perceber como esta influencia a vulnerabilidade, foi criado este parâmetro, tendo em conta os diferentes contextos em que os taludes da área piloto se inserem, atribuindo-se pontuações que aumentam exponencialmente quanto maior for o grau de exposição dos elementos expostos. Na área piloto existem taludes inseridos em zona interditas, ou seja, zonas onde não existem acessos quer para pessoas, quer para veículos, o que se reflete numa pontuação mínima. Existem também taludes inseridos em zonas habitacionais, onde as pessoas e/ou veículos passam na base do talude quando saem e regressam às suas habitações, o que se reflete num grau de exposição superior ao caso anterior. Com um grau de exposição ainda maior temos taludes que se localizam em zonas de atração turística, uma vez que a afluência de pessoas nessa área é bastante superior. Por fim, com uma pontuação máxima, temos os taludes que se inserem em zonas com grande afluência de pessoas, como edifícios públicos, áreas comerciais, etc Neste grupo inserem-se os taludes próximos de cafés, restaurantes, escolas, hospitais, etc, já que se localizam em zonas com grande afluência de pessoas e onde essas mesmas pessoas podem permanecer por um longo período de tempo, aumentando assim a sua vulnerabilidade.
- **Largura da plataforma:** Refere-se à largura da plataforma por onde as pessoas e/ou veículos podem circular o que condiciona a possibilidade que estes têm de se desviar do material em queda ou do material já caído na plataforma e ainda a probabilidade dos elementos expostos serem atingidos na caso de queda de blocos. Este parâmetro foi adaptado de Pierson e Van Vickle (1993) e os intervalos foram estabelecidos de acordo com a dispersão de valores que se obtiveram na área piloto.

- **Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos:** a probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos é calculada de acordo com uma fórmula matemática. No caso de existir possibilidade de se atingirem pessoas utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\frac{n^{\circ} \text{ de pessoas por hora} \times \text{extensão do talude (km)}}{\text{velocidade (caminhada lenta, em km/h)}} \times 100\%$$

No caso de existir possibilidade de se atingirem veículos utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\frac{n^{\circ} \text{ de veículos por hora} \times \text{extensão do talude (km)}}{\text{limite de velocidade (km/h)}} \times 100\%$$

De modo a se aplicar estas fórmulas é necessária uma estimativa das pessoas ou veículos que passam no talude em causa. Este parâmetro foi adaptado de Pierson e Van Vickle (1993).

É de notar que, neste parâmetro se consideram pessoas e veículos de igual modo, no entanto, quando existe possibilidade da queda de blocos atingir veículos a vulnerabilidade é superior, uma vez que, dentro do mesmo veículo podem viajar várias pessoas e, no caso de um bloco se encontrar caído na rodovia existe a possibilidade de se provocarem acidentes se os veículos não tiverem uma distância de visibilidade adequada. Por este motivo, quando existe probabilidade de a queda de blocos atingir veículos calcula-se um parâmetro extra, que diz respeito à distância de visibilidade.

- **Distância de visibilidade:** Este parâmetro visa avaliar a distância de visibilidade de decisão que um condutor tem no caso de se encontrar um bloco caído na rodovia. Refere-se à probabilidade de ocorrência de um acidente que será tanto menor quanto maior for a distância que o condutor tem para se aperceber do obstáculo, travar ou desviar-se em segurança, evitando o acidente. Calcula-se de acordo com a seguinte fórmula, segundo Pierson e Van Vickle (1993):

$$\frac{\text{Distância de visibilidade}}{\text{Distância de decisão (de acordo com o limite de velocidade)}} \times 100\%$$

CAPÍTULO 4 - CÁLCULO DO RISCO

Após se efetuar o somatório das pontuações parciais dos parâmetros respetivos à perigosidade e à vulnerabilidade obtemos, para cada talude, um valor absoluto que reflete a sua perigosidade e um valor absoluto que reflete a sua vulnerabilidade. Estes resultados quantitativos permitem comparar os diferentes taludes do ponto de vista da sua perigosidade e vulnerabilidade separadamente, o que é já uma ferramenta de apoio à decisão significativa. Mas, de modo a se concluir o cálculo do risco que resulta da multiplicação da perigosidade pela vulnerabilidade, é necessário converter os valores absolutos da perigosidade e vulnerabilidade numa classificação qualitativa. Para o efeito, foram estabelecidos os intervalos de valores aos quais correspondem os seguintes cinco graus de perigosidade e vulnerabilidade que constam nas Tabelas 8 e 9:

Tabela 8 - Tabela de conversão do valor absoluto para grau de perigosidade.

| Valor mínimo = 33 | Intervalos | Grau de perigosidade |
|----------------------|------------|----------------------|
| $6 \times 27 = 162$ | 33 a 162 | Nulo a muito baixo |
| $9 \times 27 = 243$ | 163 a 243 | Baixo |
| $15 \times 27 = 405$ | 244 a 405 | Médio |
| $24 \times 27 = 648$ | 406 a 648 | Alto |
| Valor máximo = 891 | 649 a 891 | Extremo |

Tabela 9 - Tabela de conversão do valor absoluto para grau de vulnerabilidade.

| Valor mínimo = 15 | Intervalos | Grau de vulnerabilidade |
|----------------------|------------|-------------------------|
| $2 \times 27 = 54$ | 15 a 54 | Nulo a muito baixo |
| $4 \times 27 = 108$ | 55 a 108 | Baixo |
| $7 \times 27 = 189$ | 109 a 189 | Médio |
| $11 \times 27 = 297$ | 190 a 297 | Alto |
| Valor máximo = 405 | 298 a 405 | Extremo |

Assim, a cada valor absoluto de perigosidade e vulnerabilidade vai corresponder o respetivo grau. Uma vez determinado o grau de perigosidade e o grau de vulnerabilidade de cada talude é aplicada a matriz de risco, através do cruzamento do grau de perigosidade e do grau de vulnerabilidade, como ilustra a Tabela 10.

Tabela 10- Matriz de risco adaptada do Guia para a Caracterização de Risco no Âmbito da Elaboração de Planos de Emergência de Protecção Civil, 2009 pela ANPC.

| | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|--------------|-------------|----------------|
| Grau de Perigosidade | Extremo | Baixo | Médio | Alto | Extremo | Extremo |
| | Alto | Baixo | Médio | Alto | Alto | Extremo |
| | Médio | Baixo | Médio | Médio | Alto | Extremo |
| | Baixo | Baixo | Baixo | Médio | Alto | Extremo |
| | Nulo a muito baixo | Nulo a muito baixo | Baixo | Médio | Médio | Extremo |
| | | Nulo a muito baixo | Baixo | Médio | Alto | Extremo |
| Grau de Vulnerabilidade | | | | | | |

A matriz pode também ser representada numericamente onde os graus de perigosidade e vulnerabilidade, apesar de serem intervalos qualitativos, são representados por números de 1 a 5 como ilustra a seguinte Tabela 11:

Tabela 11 - Matriz de Risco numérica adaptada do Guia para a Caracterização de Risco no Âmbito da Elaboração de Planos de Emergência de Protecção Civil, 2009 pela ANPC.

| Grau de Perigosidade | 5 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
|----------------------|---|-------------------------|----|----|----|----|
| | 4 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| | 3 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | Grau de Vulnerabilidade | | | | |

No decorrer deste estudo, foi reconhecida a necessidade de se considerar um coeficiente no cálculo do risco de taludes rochosos em contexto urbano. Como foi explicado anteriormente, no capítulo relativo aos parâmetros utilizados para o cálculo da perigosidade (tabela 6), um dos parâmetros tidos em conta é o que diz respeito às condições estruturais, parâmetro este, que é avaliado recorrendo ao Teste de *Markland* no *software Rockpack*, que nos dá indicação da possibilidade de queda de blocos. Ao nos depararmos com casos em que o Teste de *Markland* revela que não há possibilidade de movimentos de massa, o posterior somatório dos restantes parâmetros da perigosidade, vulnerabilidade e finalmente aplicação da matriz de risco resultaria num valor de risco extremamente inflacionado. Por esta razão, considera-se que, um talude que não possua possibilidade de queda de blocos, independentemente dos valores dos restantes parâmetros, deve ser cartografado com um talude de risco nulo a baixo. De modo a refletir esta ideia no cálculo do risco, é tido em conta um coeficiente que assume o valor zero quando não existe possibilidade de queda de blocos e assume o valor um quando existe possibilidade de queda de blocos. Em termos matemáticos, o risco é então calculado com base na seguinte fórmula:

$$\text{Risco} = \text{Perigosidade} \times \text{Vulnerabilidade} \times \text{Coeficiente (0 ou 1)}$$

CAPÍTULO 5 - CASOS DE ESTUDO

A área de estudo corresponde ao Centro Histórico do Porto, classificado como Património Mundial da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura) desde 1996, com exceção da porção pertencente à cidade de Vila Nova de Gaia.

Nesta área piloto localizam-se quinze taludes rochosos, aos quais se aplicaram os índices de perigosidade e vulnerabilidade, sempre que possível (em taludes cobertos por vegetação ou em zonas interditas não é possível aplicar o índice de perigosidade e em taludes já estabilizados não é aplicado qualquer índice). Para o efeito, os dados foram recolhidos através de trabalho de campo e com auxílio dos dados da Carta Geotécnica do Porto, 2003 (condições estruturais, grau de alteração, afastamento, presença de água no talude, atrito nas descontinuidades), assim como das Cartas de Perigosidade Geológica da Zona Histórica do Porto realizadas no âmbito do Projeto GEORISK (Historial de ocorrências de queda).

Aos diferentes taludes é atribuído um nome referente à sua localização de modo a facilitar a sua identificação. Na Ilustração 8 encontra-se representada a localização dos taludes, aos quais se atribuem as seguintes designações:

- Avenida D. Afonso Henriques (A e B resultante de zonamento)
- Avenida D. Afonso Henriques Poente
- Pena Ventosa (Nesta rua encontram-se três taludes aos quais se atribuiu a numeração 1, 2 e 3)
- Escadas do Barredo
- Largo Arcos da Ribeira
- Largo do Colégio
- Largo do Colégio - café
- Rua Senhora das Verdades
- Ribeira (terreno agrícola)
- Arcos Ribeira (coberto)
- Estação São Bento
- Túnel da Ribeira
- Escadaria do Codeçal

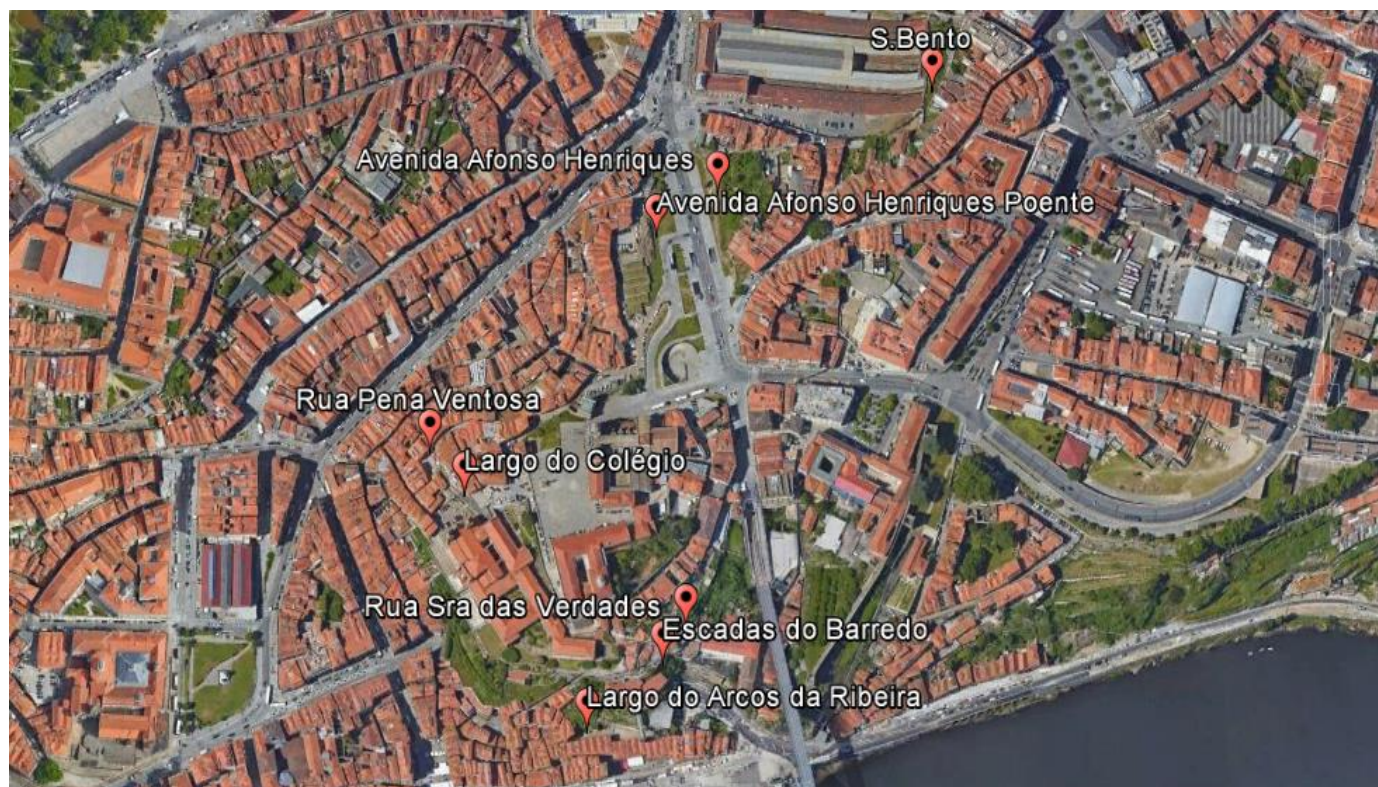


Ilustração 8 - Localização dos taludes na área de estudo, imagem obtida no Google Earth.

Para cada um dos taludes estudados serão apresentadas fotografias, as respectivas fichas para o cálculo do índice de perigosidade e vulnerabilidade, bem como as ferramentas utilizadas para a avaliação de determinados parâmetros.

5.1 - AVENIDA D. AFONSO HENRIQUES (A E B)

Trata-se de um talude de grandes dimensões, quer em altura (~19m), quer em comprimento (~12m), subvertical, com blocos de dimensões variáveis que atingem cerca de 2m. Possui argamassa a preencher algumas diaclases porque inicialmente foi tratado como se tratasse de um muro. Possui uma zona mais alta e com uma valeta de retenção em relva maior (Ilustração 9) e uma zona mais baixa com uma valeta de retenção em relva mais pequena (Ilustração 10). Apesar de não se conhecer historial de queda de blocos neste talude é possível observarem-se blocos caídos na sua base.



Ilustração 9 - Talude da Avenida D. Afonso Henriques A, zona Norte.



Ilustração 10 - Talude da Avenida D. Afonso Henriques B, zona Sul.

No estudo deste talude foi tida em conta a informação da Carta Geotécnica do Porto relativamente às condições estruturais, afastamento e atrito nas descontinuidades. Os restantes dados foram recolhidos com base no trabalho de campo, cujos resultados constam nas Tabelas 12, 13 e 14. Relativamente à perigosidade foi feito um zonamento do talude, uma vez que, este apresentava heterogeneidades na sua altura e valeta de retenção, de modo a se compreender se estas variações tinham impacto no índice de perigosidade.

Tabela 12 - Parâmetros de perigosidade do Talude da Avenida D. Afonso Henriques A.

| | | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos | Observações |
|--|--|----------|-----------------------------------|---|-----------------|---|
| Altura do talude | | | | | 19,369m | |
| Inclinação | | | | | Subvertical | |
| Capacidade de retenção entre a valeta e a base do talude | | | Moderada | | | |
| Geologia | Condições estruturais (descontinuidades) | | | Diaclases com orientação desfavorável e pouco contínuas (<3m) | | |
| | Grau de alteração | | | W ₃ | | |
| | Afastamento | | | | | F ₂ |
| | Presença de água no talude | Seco | | | | A ausência de água deve-se possivelmente à argamassa colocada nas diaclases |
| | Atrito nas descontinuidades | | | 42% planar macia | | |
| | Continuidade | | 92% muito pouco a pouco contínuas | | | |
| Volume do bloco unitário | | | | | 2m ³ | |
| Historial de ocorrências de queda | | | X | | | Existem blocos caídos na base do talude |

Tabela 13 - Parâmetros de perigosidade do Talude da Avenida D. Afonso Henriques B.

| | | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos | Observações |
|---|---|----------|----------|---|-----------------|---|
| Altura do talude | | | | 8,495m | | |
| Inclinação | | | | | Subvertical | |
| Capacidade de retenção entre a valeta e a base do talude | | | | Reduzida | | |
| Geologia | Condições estruturais (descontinuidades) | | | Diaclases com orientação desfavorável e pouco contínuas (<3m) | | |
| | Grau de alteração | | | W ₃ | | |
| | Afastamento | | | | F ₂ | |
| | Presença de água no talude | Seco | | | | A ausência de água deve-se possivelmente à argamassa colocada nas diaclases |
| | Atrito nas descontinuidades | | | 42% planar macia | | |
| | Continuidade | | X | | | |
| Volume do bloco unitário | | | | | 2m ³ | |
| Historial de ocorrências de queda | | | X | | | Blocos caídos na base do talude |

De modo a avaliar a capacidade de retenção da valeta, foram elaborados três perfis no *Software Rocfall*, que permitem concluir que a capacidade de retenção varia de moderada (Ilustração 11) a reduzida (Ilustração 12 e 13). As unidades dos eixos estão representadas em metros. A morfologia do talude está representada a preto, bem como a valeta de retenção a verde e, finalmente as trajetórias previstas para os blocos encontram-se representadas a vermelho.

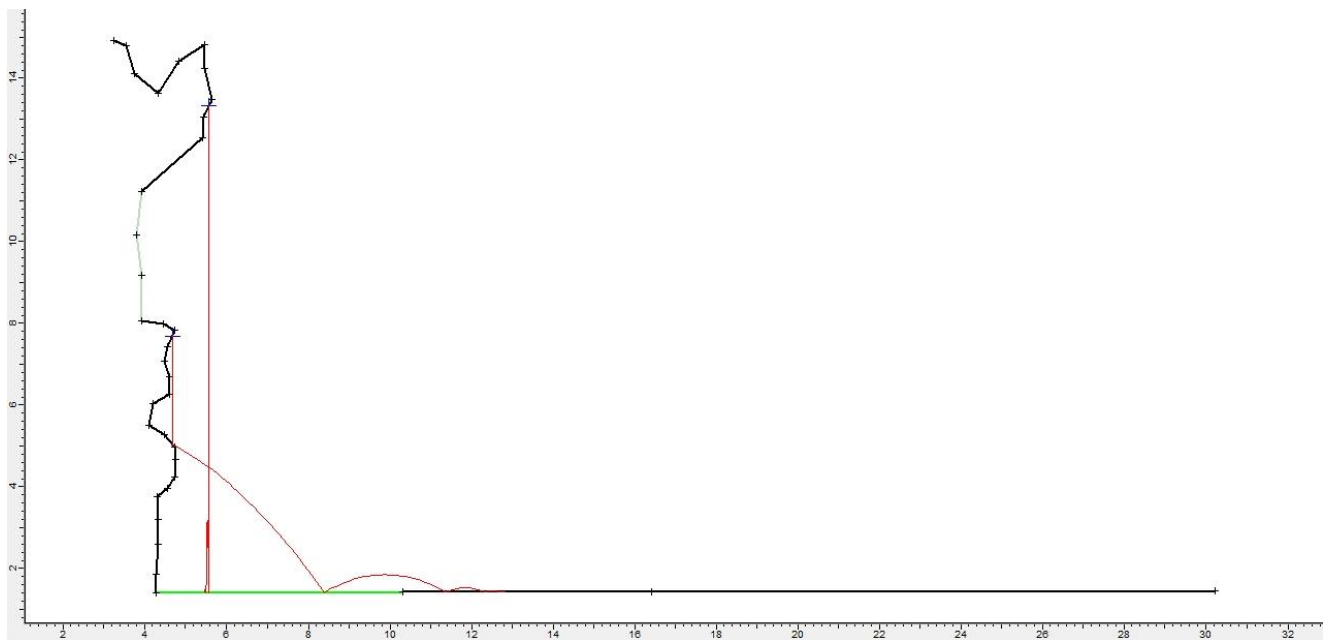


Ilustração 11- Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude da Avenida D. Afonso Henriques A.

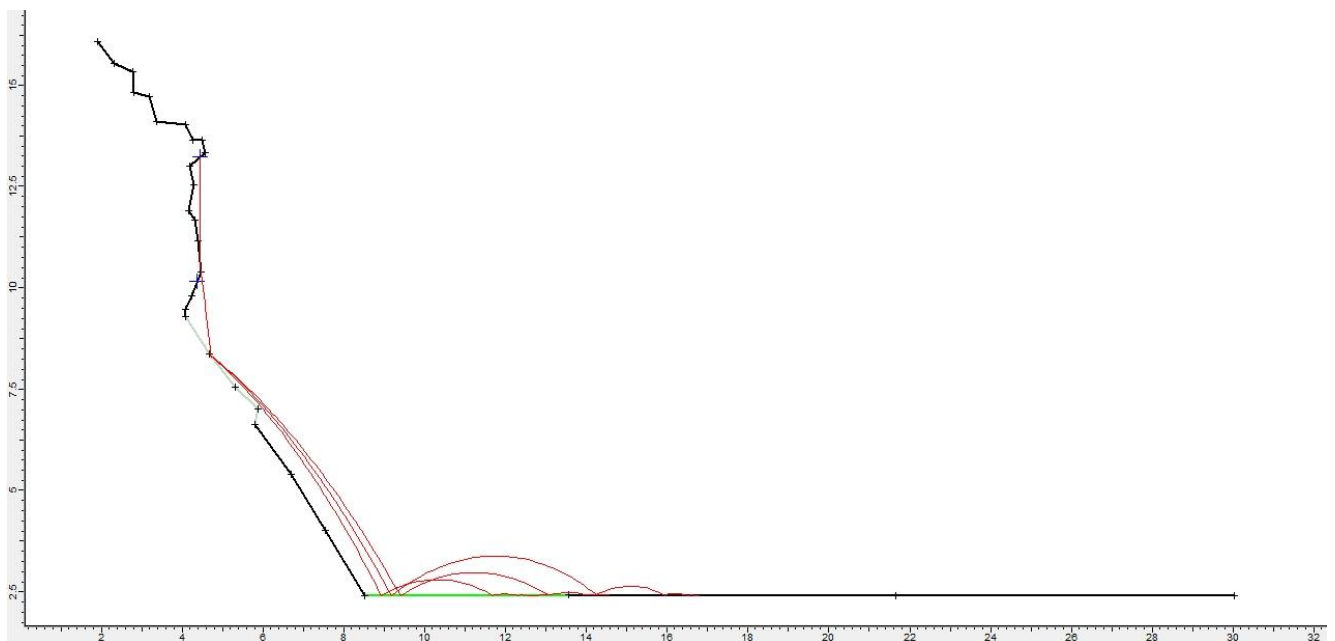


Ilustração 12 – Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude da Avenida D. Afonso Henriques A.

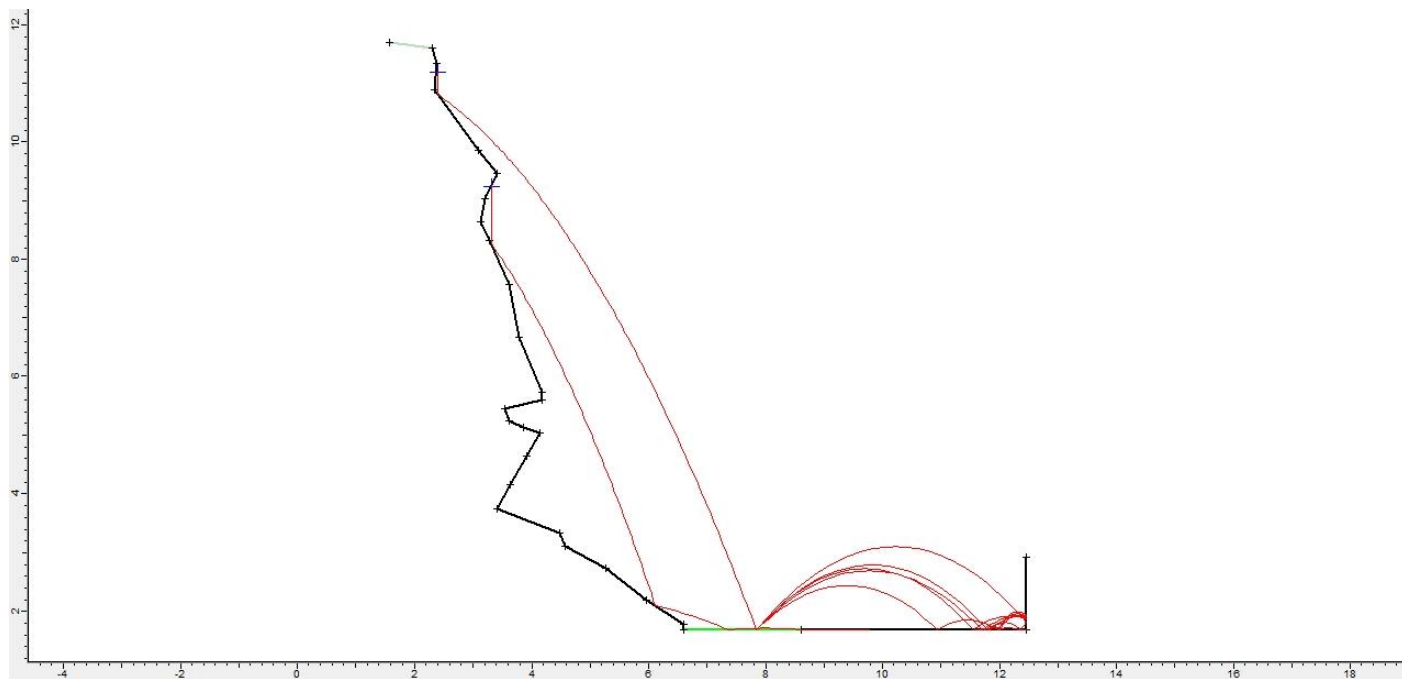


Ilustração 13 - Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude da Avenida D. Afonso Henriques B.

Este talude insere-se numa zona de atração turística por se localizar perto da Estação de São Bento, da Avenida dos Aliados e da Sé/Catedral da Cidade do Porto.

Tabela 14 - Parâmetros de vulnerabilidade do Talude da Avenida D. Afonso Henriques.

| | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|-----------------|-----------------|---------------------------|---|
| Ocupação do Talude | Nula | | | |
| Contexto urbanístico | | | Zona de atração turística | |
| Largura da Plataforma | | | 3,5m | |
| Distância de visibilidade | | | | |
| Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos | | | | $\frac{453 \times 0.122}{4} \times 100$ $= 1381,65\%$ |

5.2 - AVENIDA D. AFONSO HENRIQUES POENTE

Este talude apresenta uma altura muito menos significativa (~5m) e prolonga-se por uma extensão considerável, de cerca de 5 metros (Ilustração 14 e 15). O tamanho dos blocos é heterogéneo e estes atingem dimensões na ordem dos 2 metros. Apresenta uma valeta de retenção em relva de grande extensão (~18m).

No cálculo do índice de perigosidade deste talude foi tida em conta informação da Carta Geotécnica do Porto relativamente às principais famílias de diaclases, afastamento e atrito nas descontinuidades. Os restantes dados relativos à perigosidade e os dados relativos à vulnerabilidade foram recolhidos com base no trabalho de campo, cujos resultados constam nas Tabelas 15 e 16.



Ilustração 14 - Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente.



Ilustração 15 - Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente, onde se observa a valeta de retenção em relva, de grandes dimensões

Tabela 15 - Parâmetros de perigosidade do Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente.

| | | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|---|--------------|---------------------|--|-----------------|
| Altura do talude | | 5.5m | | | |
| Inclinação | | | | 60 | |
| Capacidade de retenção entre a valeta e a base do talude | | Boa | | | |
| Geologia | Condições estruturais (descontinuidades) | | | Descontinuidades com orientação desfavorável | |
| | Grau de alteração | | | W ₃ | |
| | Afastamento | | | F ₃ | |
| | Presença de água no talude | Seco | | | |
| | Atrito nas descontinuidades | | Ondulada (41%) | | |
| | Continuidade | | 74% pouco contínuas | | |
| Volume do bloco unitário | | | | | 2m ³ |
| Historial de ocorrências de queda | | Desconhecido | | | |

De modo a avaliar a capacidade de retenção da valeta foram projetados três perfis no *Software Rocfall* devido às heterogeneidades em termos de morfologia, altura e dimensão da valeta. Estes perfis permitiram concluir que, independentemente das heterogeneidades a capacidade de retenção da valeta é boa em todo o talude, como se pode observar nas Ilustrações 16, 17 e 18.

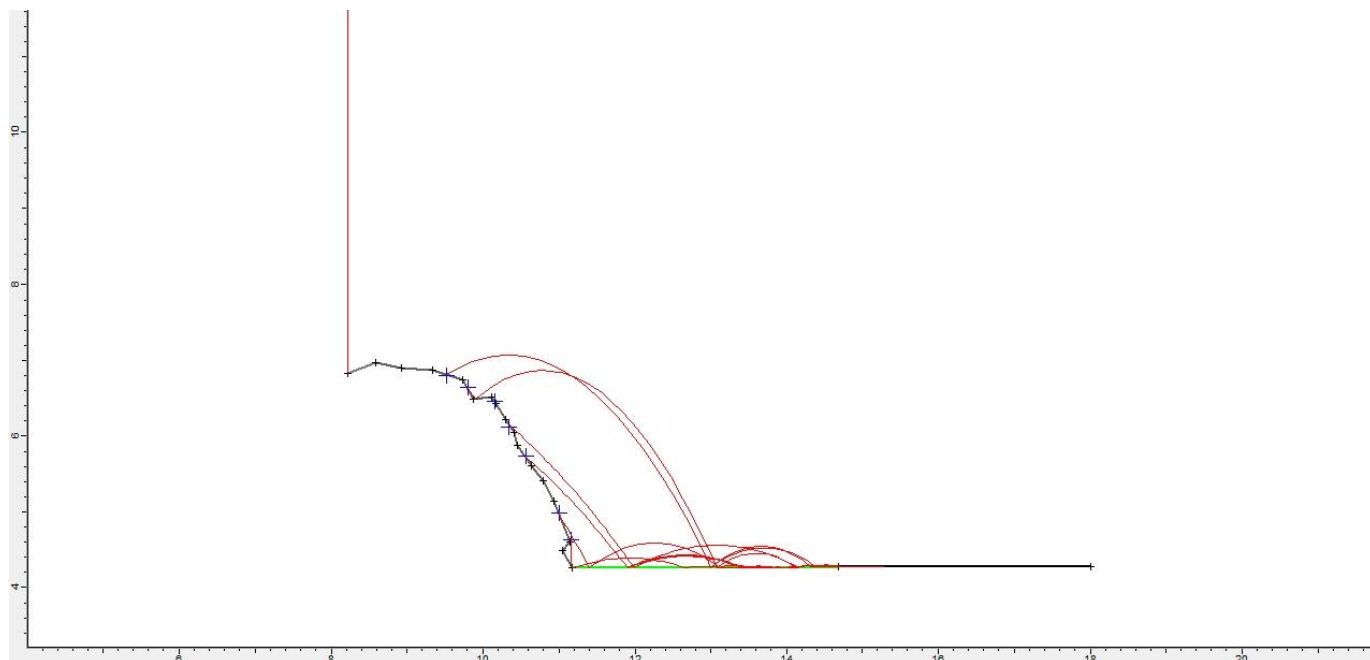


Ilustração 16 - Modelo obtido no *Software Rocfall* que mostram possíveis trajetórias de blocos no Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente, zona norte.

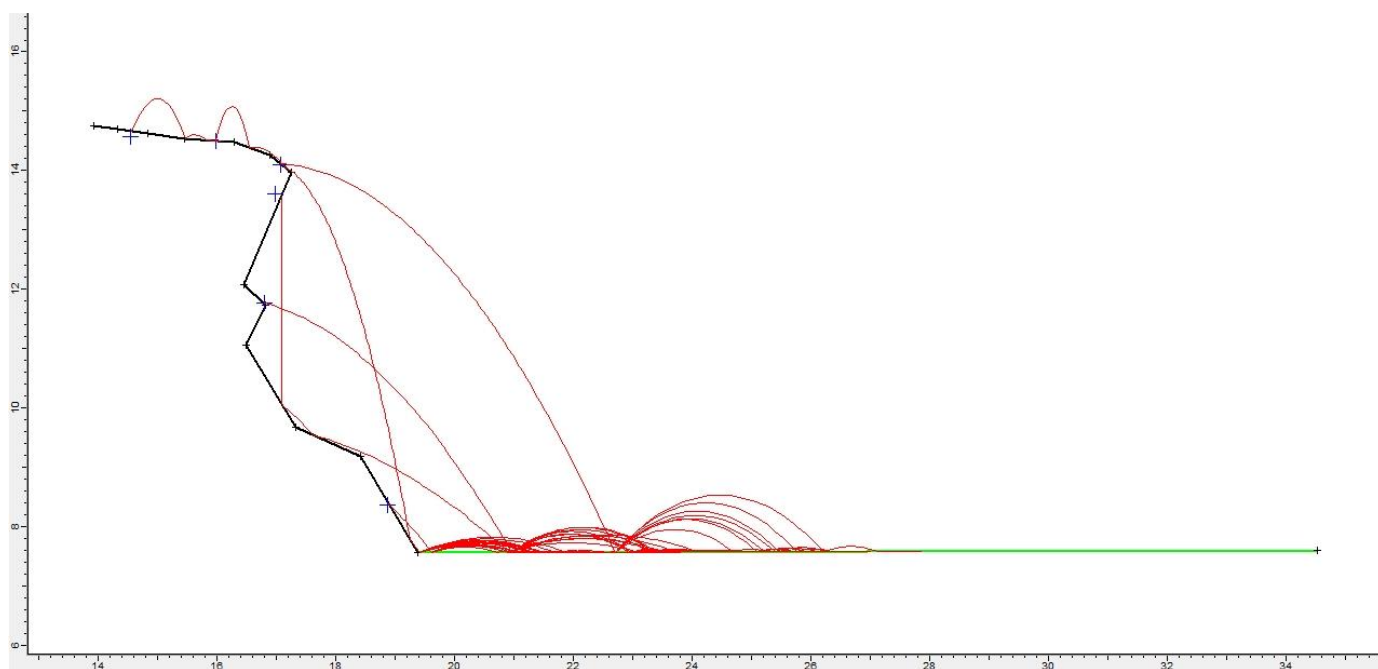


Ilustração 17 - Modelo obtido no *Software Rocfall* que mostram possíveis trajetórias de blocos no Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente, zona intermédia do talude.

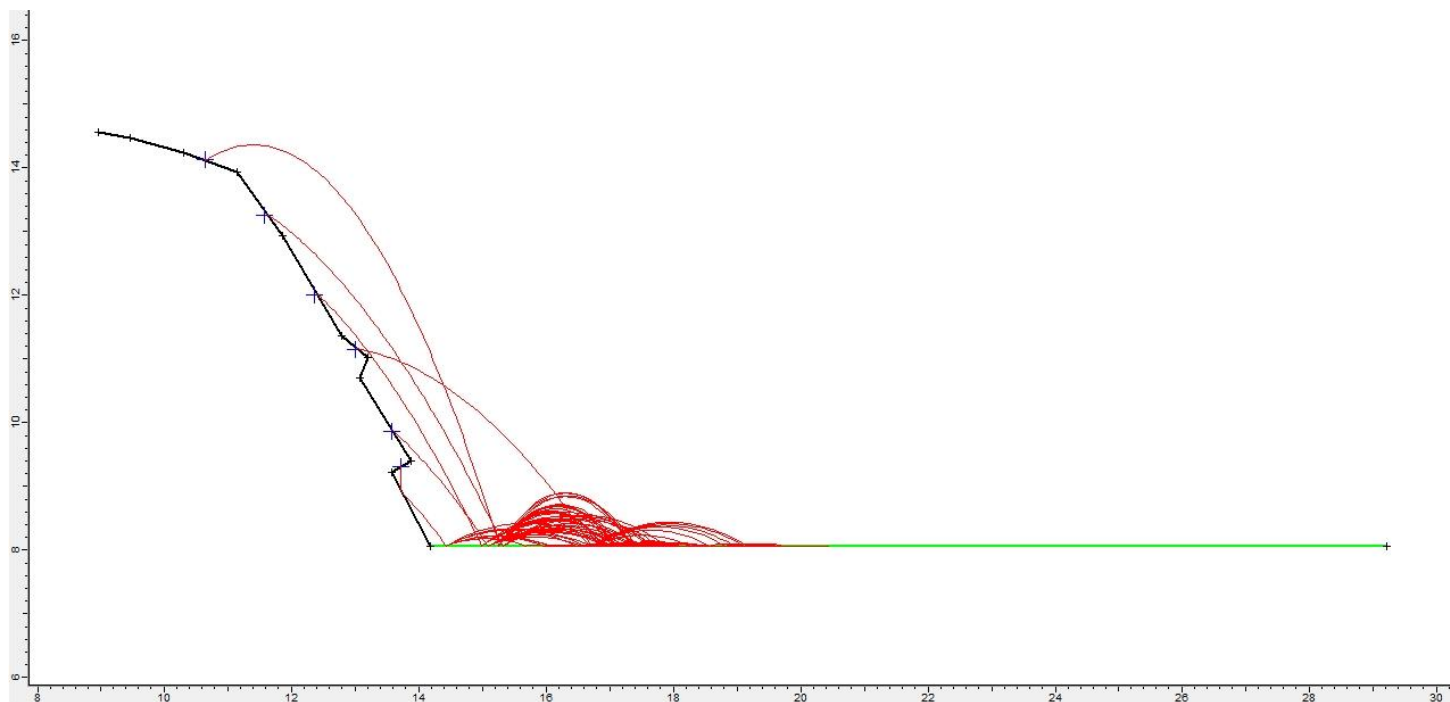


Ilustração 18 - Modelo obtido no *Software Rocfall* que mostram possíveis trajetórias de blocos no Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente, zona sul.

De modo a avaliar as condições estruturais do talude, recorreu-se ao Teste de *Markland*, realizado no *Software Rockpack* que, como se observa na Ilustração 19, revela probabilidade de deslizamento planar (N22;71SE).

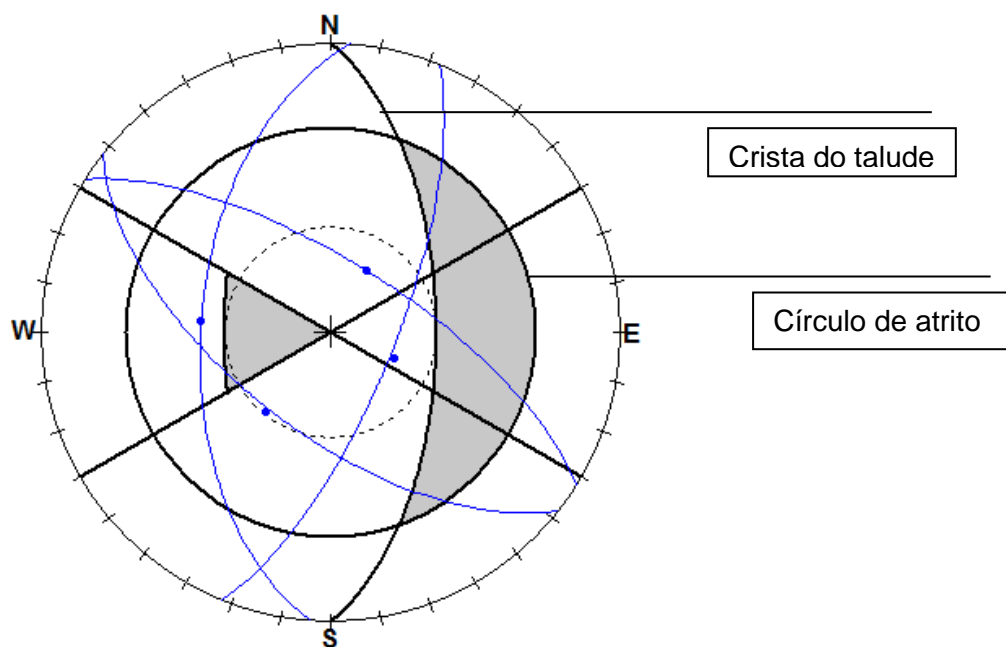


Ilustração 19 - Teste de *Markland* realizado no *Software Rockpack* para o Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente.

À semelhança do caso anterior, este talude insere-se numa zona de atração turística por se localizar perto da Estação de São Bento, da Avenida dos Aliados e da Sé/Catedral da Cidade do Porto.

Tabela 16 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude da Avenida D. Afonso Henriques Poente.

| | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|-----------------|-----------------|---------------------------|--|
| Ocupação do Talude | Nula | | | |
| Contexto urbanístico | | | Zona de atração turística | |
| Largura da Plataforma | | 9m | | |
| Distância de visibilidade | | | | |
| Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos | | | | $\frac{721 \times 0.05}{4} \times 100$ $= 901\%$ |

5.3 - PENA VENTOSA 1

Os três taludes localizados da Rua da Pena Ventosa (Pena Ventosa 1, 2 e 3) não constam da Carta Geotécnica do Porto e, por esse motivo, os dados que constam do índice de perigosidade e do índice de vulnerabilidade (Tabelas 17 e 18) foram recolhidos com base em trabalho de campo.

O talude designado de Pena Ventosa 1, que se observa na Ilustração 20, é um talude de pequenas dimensões (5m de altura e 3m de comprimento), desprovido de qualquer tipo de valeta de retenção. Apesar do seu historial de queda de blocos ser desconhecido, existem relatos de quedas de blocos pelos habitantes da zona. Os resultados dos dados de campo recolhidos, relativamente à perigosidade encontram-se na tabela 17.

Tabela 17- Parâmetros de perigosidade do Talude da Rua da Pena Ventosa 1.

| | | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|---|----------------------------|-----------------------------------|--|-------------------|
| Altura do talude | | 5m | | | |
| Inclinação | | | | | Subvertical |
| Capacidade de retenção entre a valeta e a base do talude | | | | | Nula |
| Geologia | Condições estruturais (descontinuidades) | | | Descontinuidades com orientação desfavorável | |
| | Grau de alteração | | | W ₃ | |
| | Afastamento | | | F ₃ (43%) | |
| | Presença de água no talude | | Húmido | | |
| | Atrito nas descontinuidades | Rugoso (71% planar rugosa) | | | |
| | Continuidade | 79% muito pouco contínuas | | | |
| Volume do bloco unitário | | | | | 1,5m ³ |
| Historial de ocorrências de queda | | | Quedas relatadas pelos habitantes | | |



Ilustração 20 - Talude da Rua da Pena Ventosa 1.

Em relação à capacidade de retenção da valeta, esta é considerada nula, uma vez que a valeta de retenção é inexistente. Apesar de não existir valeta de retenção, foram elaborados dois perfis, de modo a modelar qual a trajetória que os blocos tomariam em caso de queda de blocos, como se pode observar nas Ilustrações 21 e 22. É importante, no âmbito deste trabalho, determinar a trajetória dos blocos independentemente da existência ou não de valeta, uma vez que, estes modelos podem ser determinantes na tomada de medidas provisórias de mitigação do risco (por exemplo: vedações).

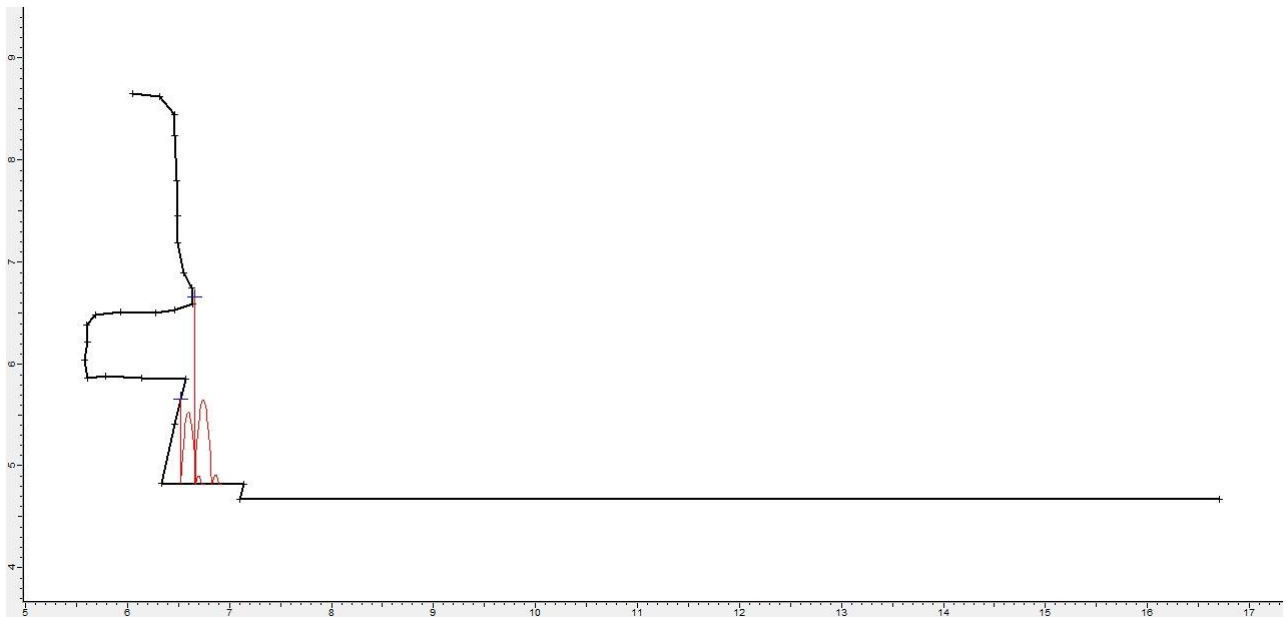


Ilustração 21 - Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Pena Ventosa 1.

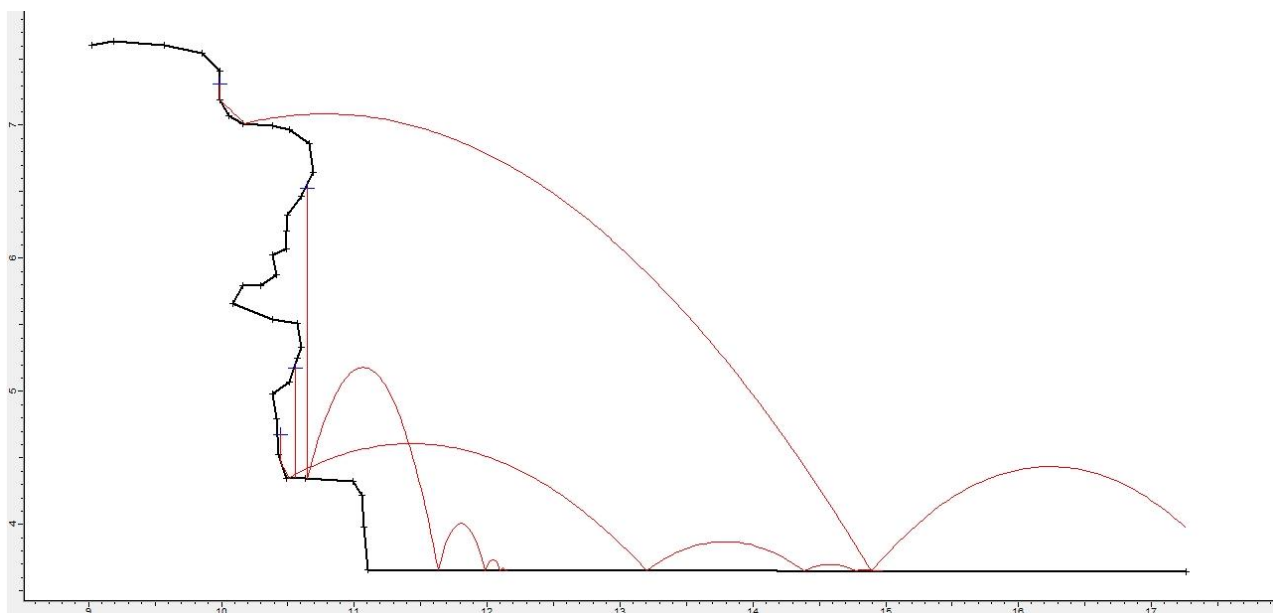


Ilustração 22 - Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Pena Ventosa 1.

De modo a avaliar os parâmetros da perigosidade relativos à geologia, foi feito um tratamento estatístico da abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade, com base em histogramas obtidos no *software DIPS*, como se observa nas Ilustrações 23 a 28.

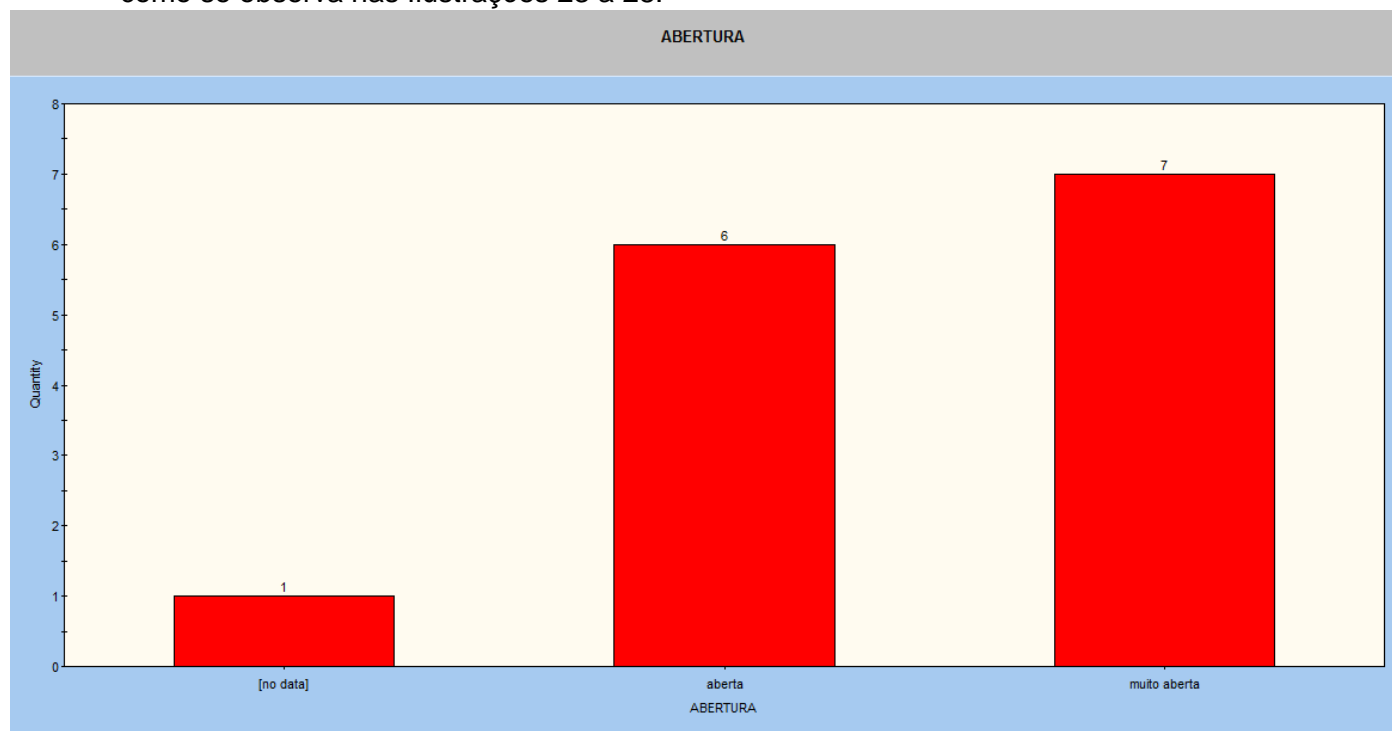


Ilustração 23 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 1.

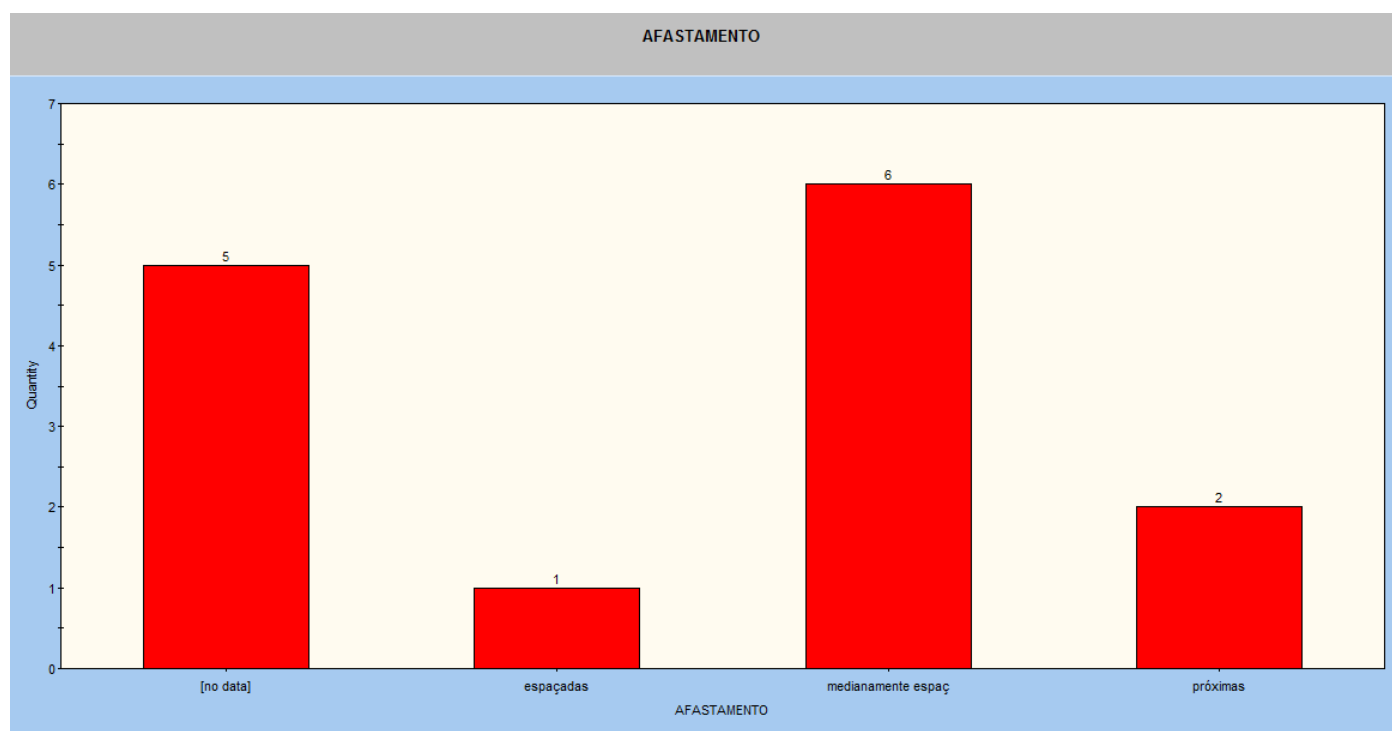


Ilustração 24 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 1.

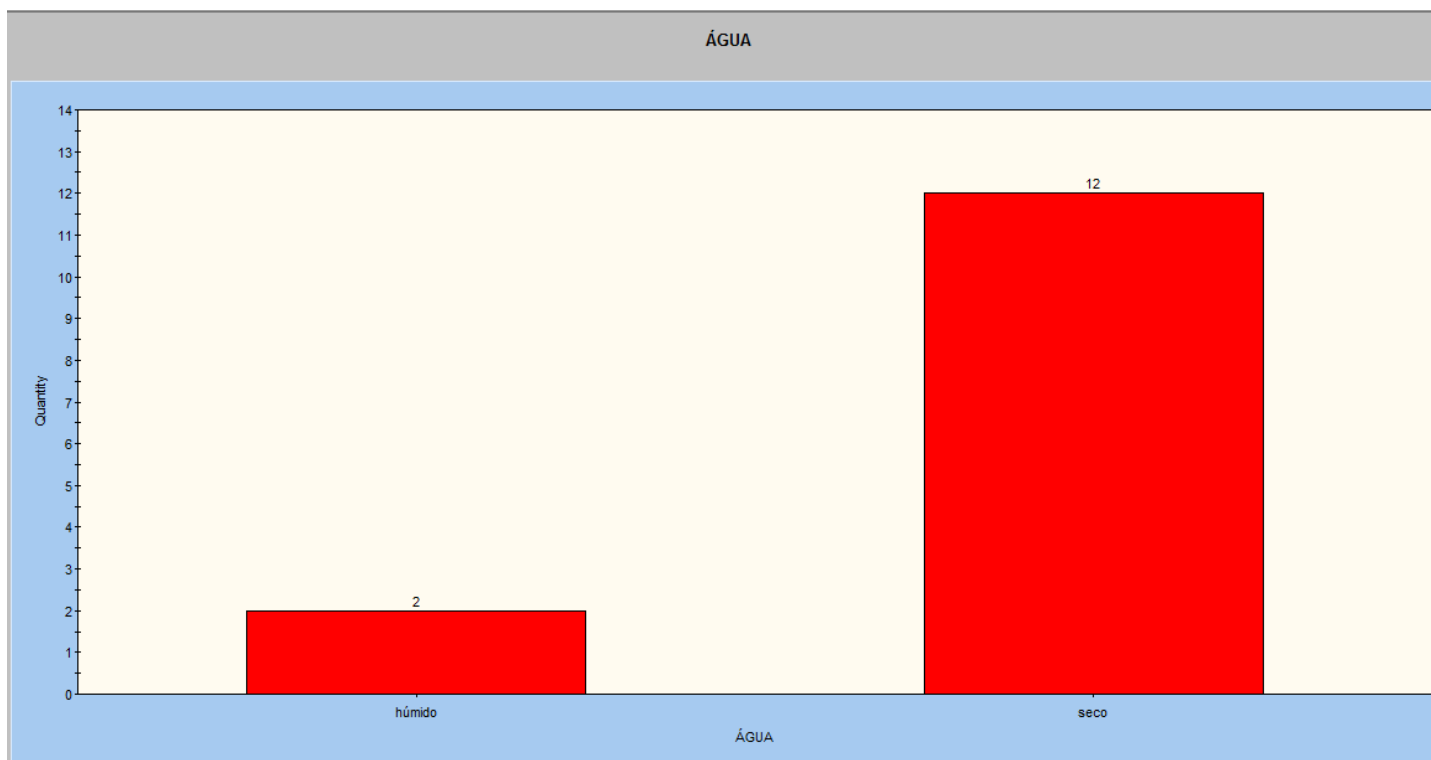


Ilustração 25 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 1.

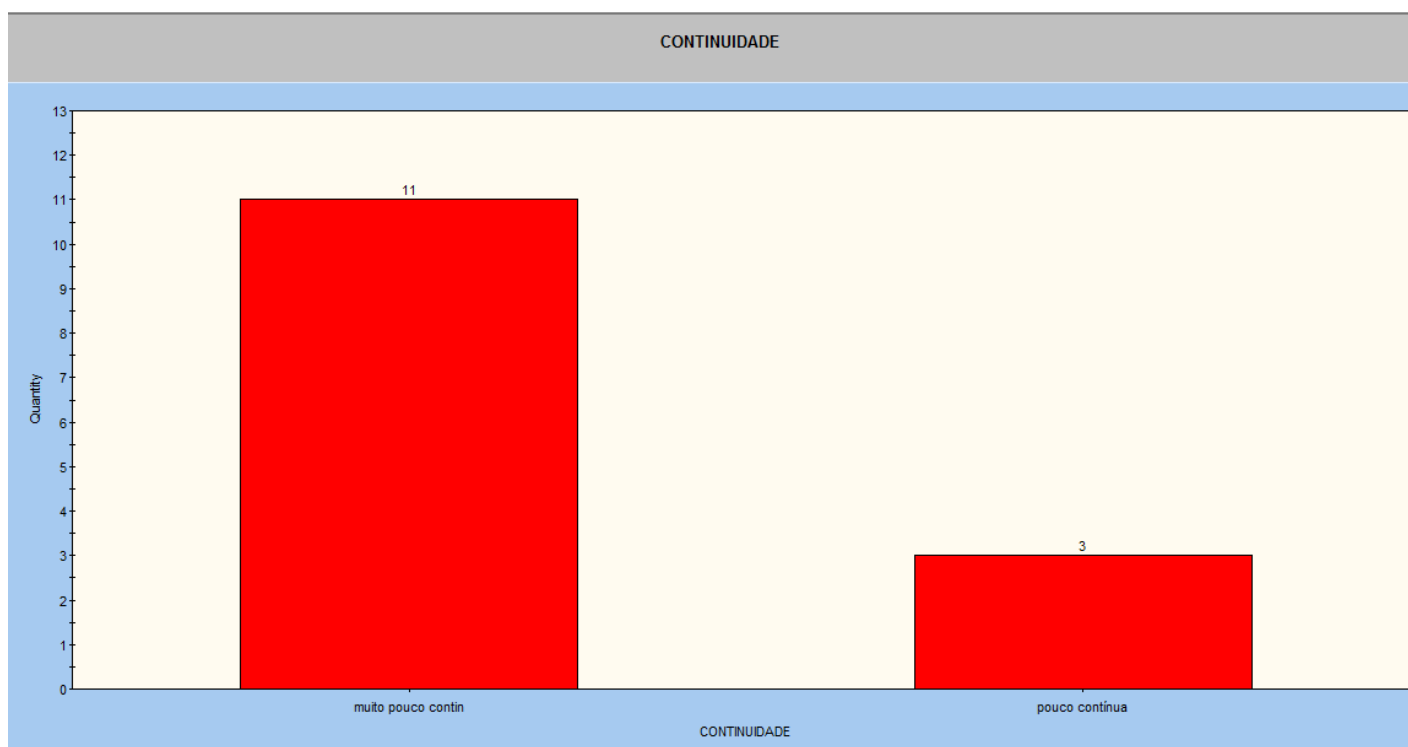


Ilustração 26 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 1.

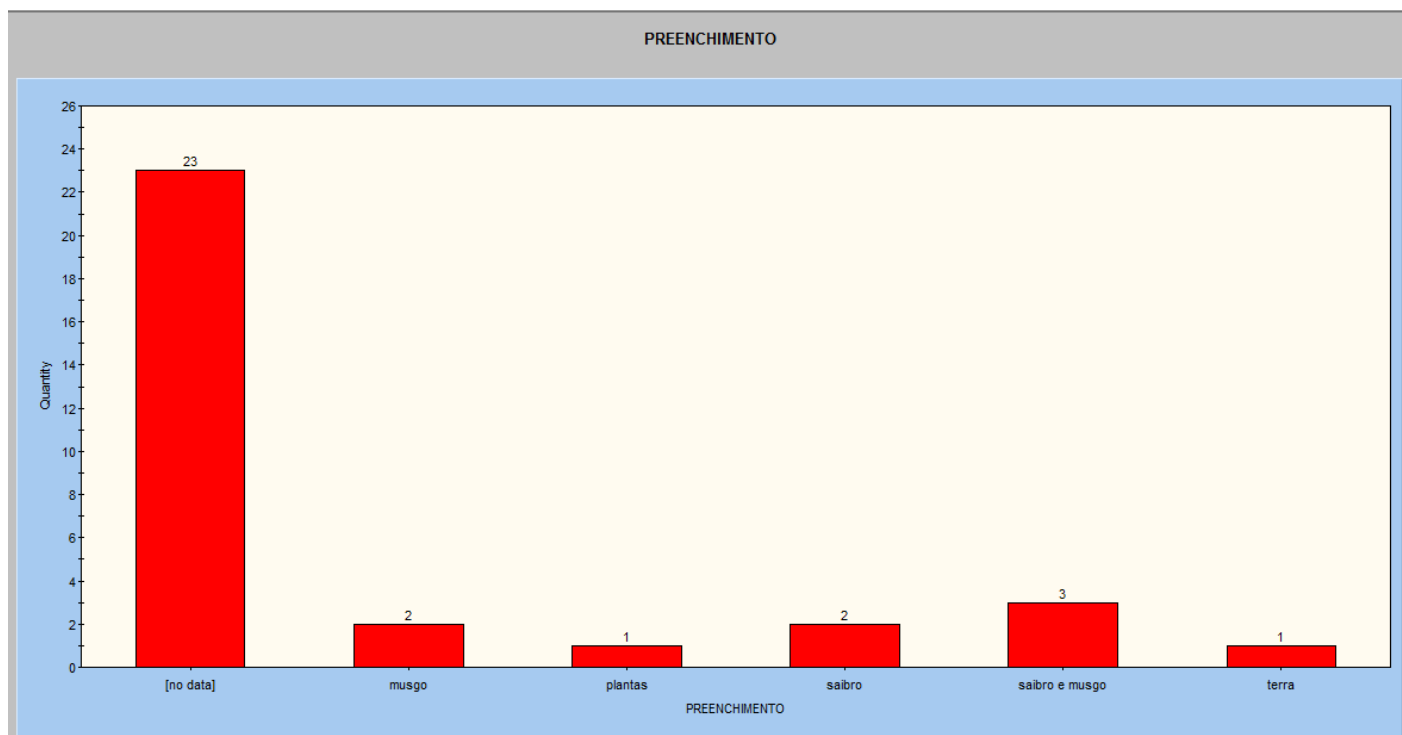


Ilustração 27 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 1.

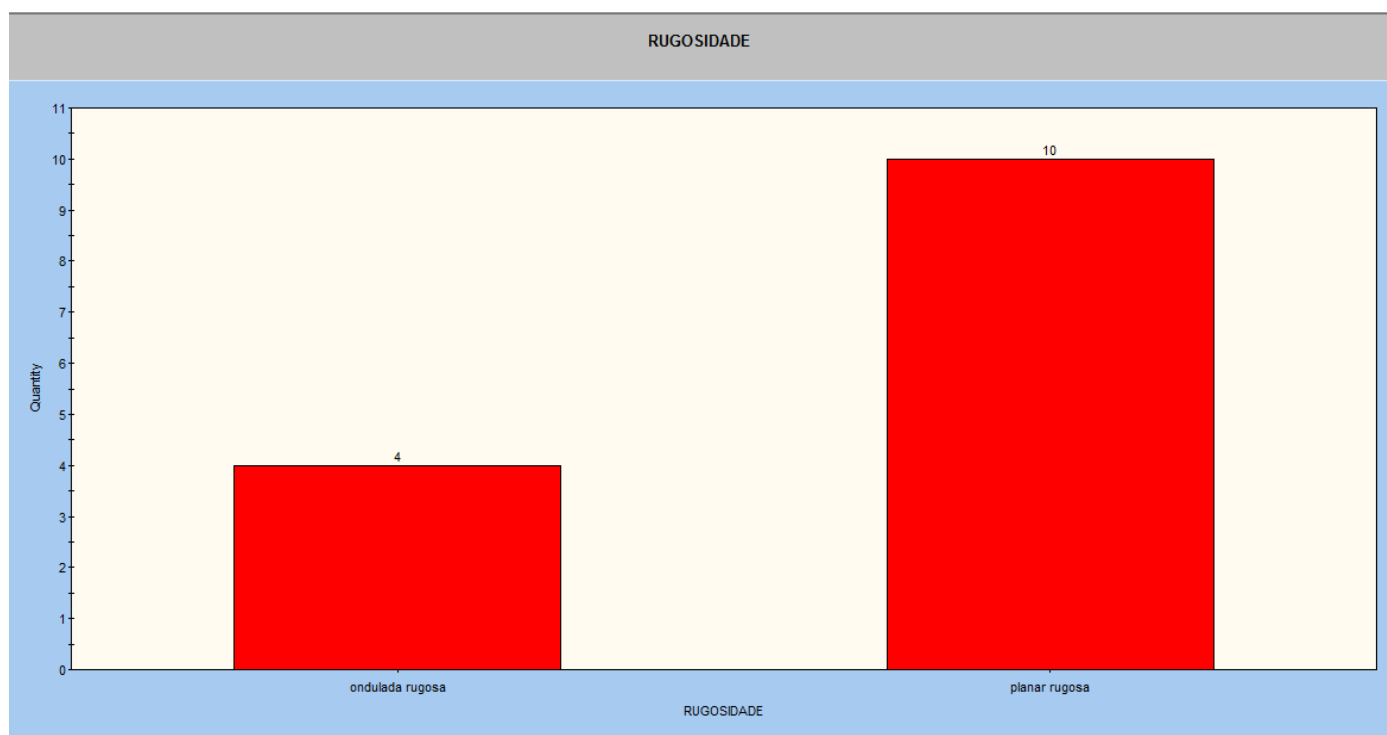


Ilustração 28 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 1.

Para avaliar as condições estruturais do talude, foi necessário determinar as orientações das principais famílias de diaclases. Para o efeito, recorreu-se à projeção de isodensidades dos polos das diaclases recolhidas no campo. As orientações das diaclases, valores de abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade obtidas no campo encontram-se no anexos.

As concentrações de polos e os respetivos planos que representam as principais famílias de diaclases obtidas no *Software DIPS* encontram-se nas Ilustrações 29 e 30.

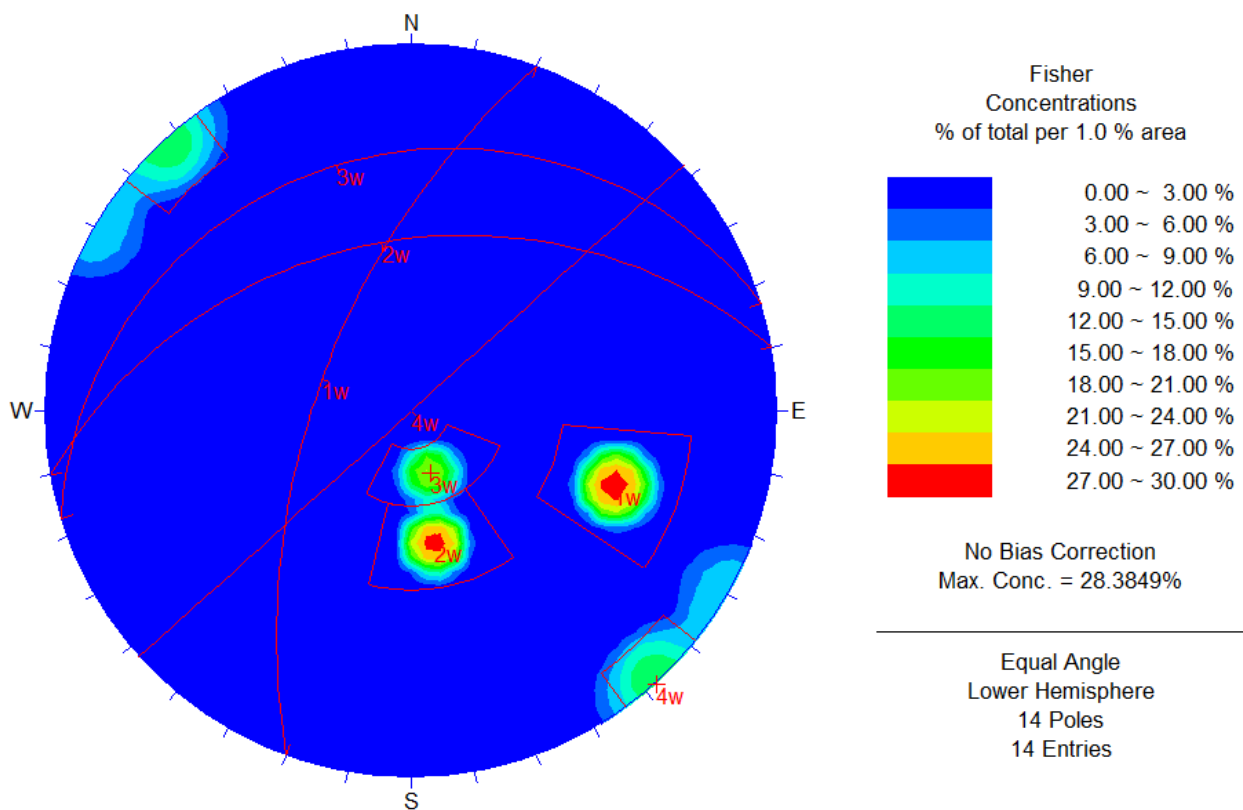


Ilustração 29 - Mapa de concentração de polos e respetivos planos obtido no *software DIPS* relativos às diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 1.

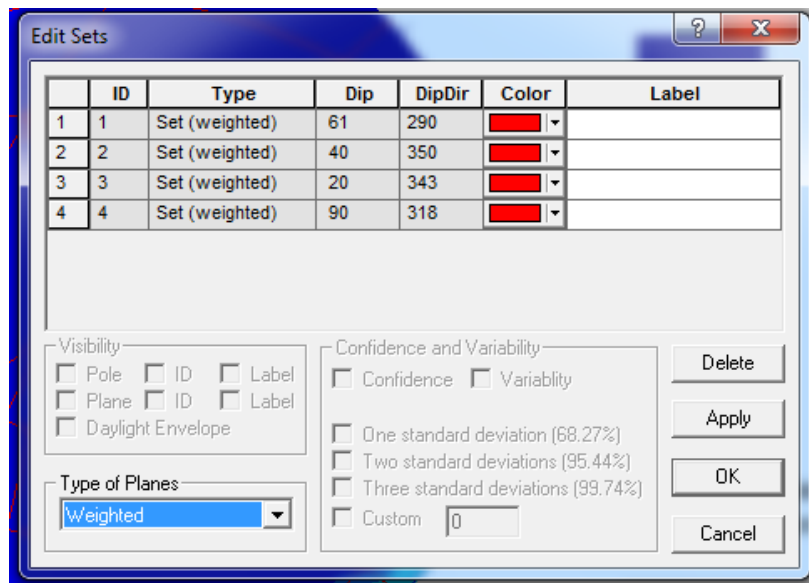


Ilustração 30 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no *software DIPS* relativas ao Talude da Rua da Pena Ventosa 1.

Após se obter a orientação das principais famílias de diaclases, recorreu-se ao Teste de *Markland* no *Software Rockpack* para determinar as condições estruturais do talude. Como se observa na Ilustração 31, existe probabilidade de deslizamento em cunha (N20;61NW e N80;40NW).

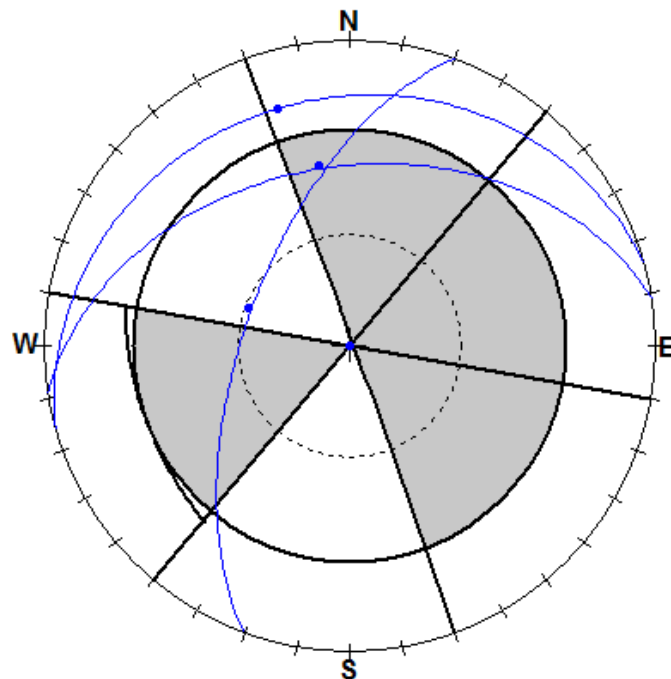


Ilustração 31 - Teste de *Markland* realizado no *Software Rockpack* para o Talude da Rua da Pena Ventosa 1.

Os taludes da Rua da Pena Ventosa (Pena ventosa 1, 2 e 3) inserem-se numa zona de atração turística, pela sua proximidade à Sé/Catedral da Cidade do Porto. Além disso, os próprios taludes fazem parte da estrutura de habitações (ocupação habitacional). Os resultados dos parâmetros da vulnerabilidade do Talude da Pena Ventosa 1 encontram-se na Tabela 18:

Tabela 18 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude da Rua da Pena Ventosa 1.

| | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|--|-----------------|---------------------------|------------------|
| Ocupação do Talude | | | | Habitacional |
| Contexto urbanístico | | | Zona de atração turística | |
| Largura da Plataforma | | | | 2m |
| Distância de visibilidade | | | | |
| Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos | $\frac{254 \times 0.003}{4} \times 100 = 19\%$ | | | |

5.4 - PENA VENTOSA 2

Este talude apresenta pequenas dimensões, principalmente em altura, com cerca de 3m de altura máxima (Ilustrações 32 e 33). Neste caso não existe histórico de ocorrências de quedas de blocos. Os resultados dos parâmetros relativos à perigosidade encontram-se na tabela 19.



Ilustração 32 - Talude da Rua da Pena Ventosa 2.



Ilustração 33 - Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

Tabela 19 - Parâmetros de perigosidade do Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

| | | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|---|----------------------------|----------|--|--------------------|
| Altura do talude | | 3m | | | |
| Inclinação | | | | | Subvertical |
| Capacidade de retenção entre a valeta e a base do talude | | | | | Nula |
| Geologia | Condições estruturais (descontinuidades) | | | Descontinuidades com orientação desfavorável | |
| | Grau de alteração | | | W ₃ | |
| | Afastamento | | | | 22% F ₂ |
| | Presença de água no talude | | | Gotejando | |
| | Atrito nas descontinuidades | Rugoso (31% planar rugoso) | | | |
| | Continuidade | 44% pouco contínuas | | | |
| Volume do bloco unitário | | | | | 2m ³ |
| Historial de ocorrências de queda | | Desconhecido | | | |

Neste caso, a valeta de retenção é inexistente, o que faz com que a capacidade de retenção da valeta seja considerada nula. À semelhança do caso anterior, apesar de não existir valeta de retenção, foram elaborados três perfis, de modo a modelar qual a trajetória que os blocos tomariam em caso de queda de blocos, como se pode observar nas Ilustrações 34, 35 e 36.

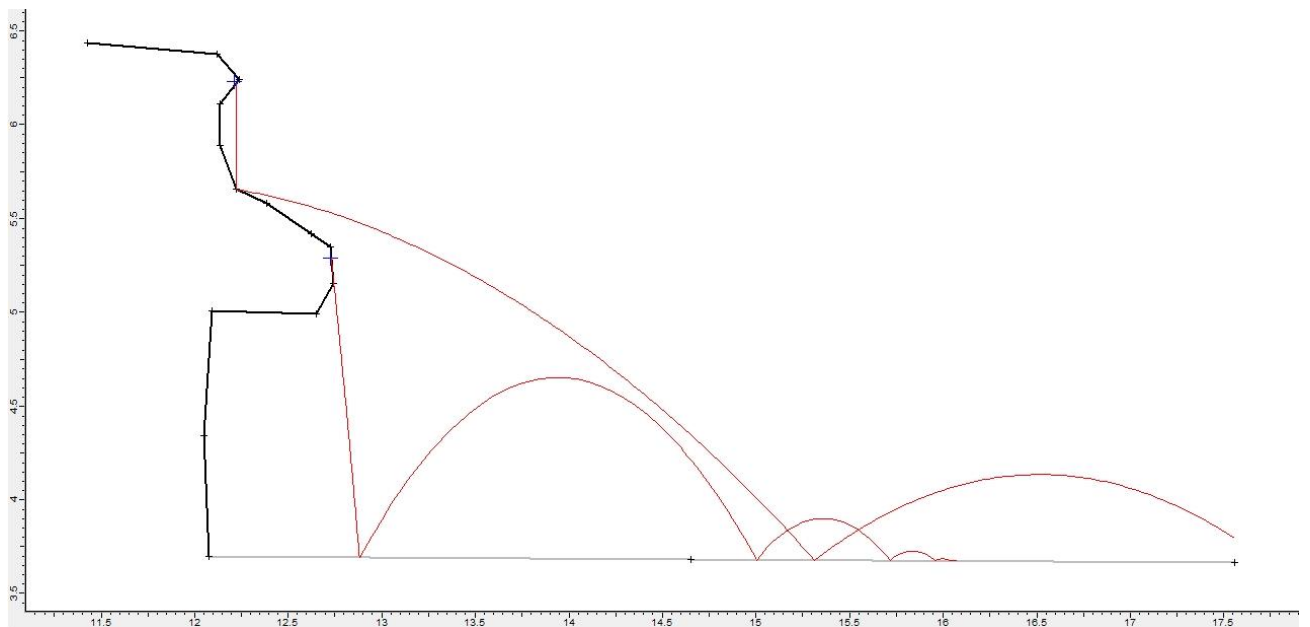


Ilustração 34- Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

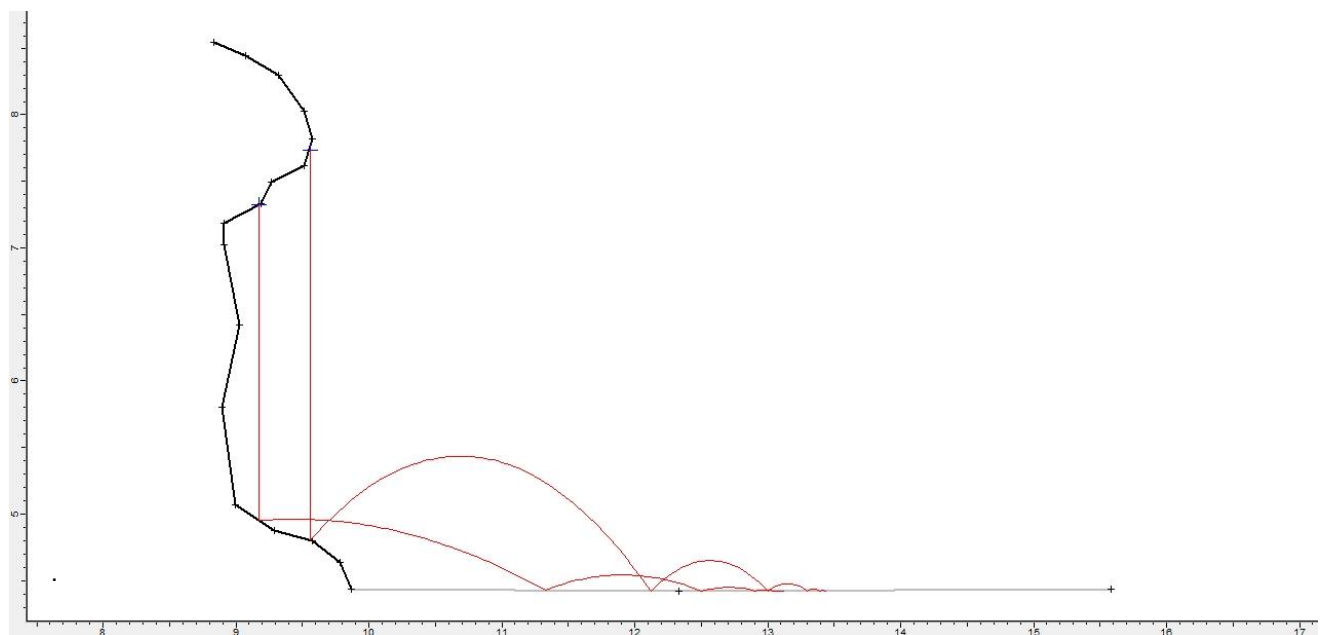


Ilustração 35 - Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

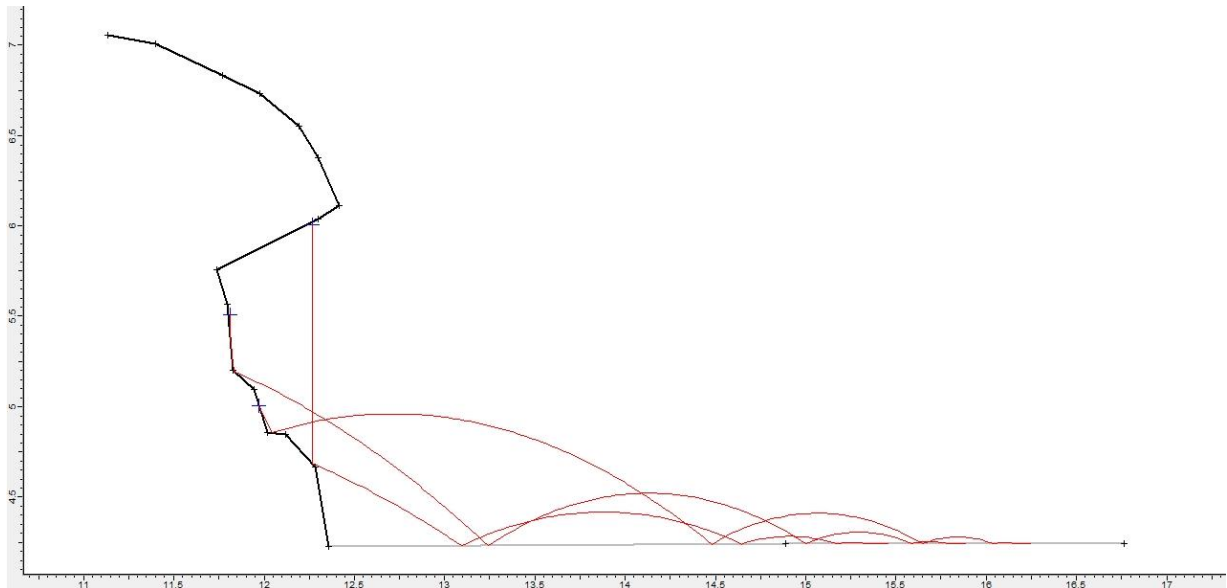


Ilustração 36 - Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

De modo a avaliar os parâmetros da perigosidade que dizem respeito à geologia, foi feito um tratamento estatístico com base em histogramas obtidos no *software DIPS* relativamente à abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade, como se observa nas Ilustrações 37 a 42. As orientações das diaclases, valores de abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade obtidas no campo encontram-se em anexo.

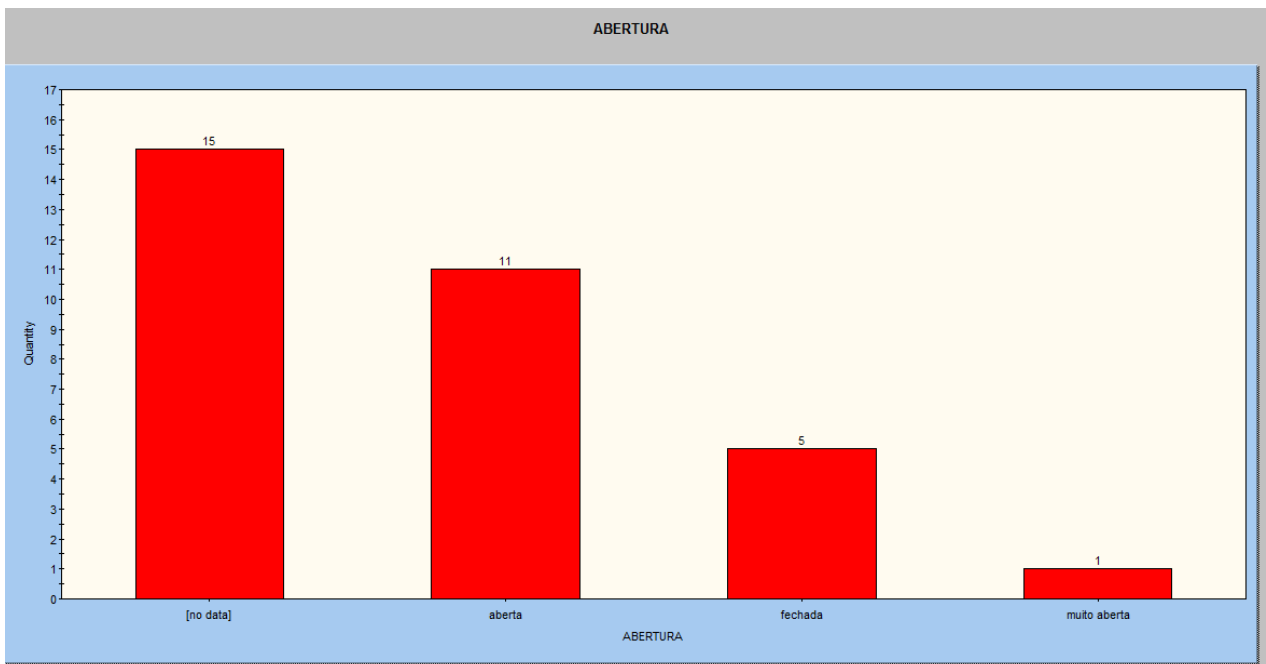


Ilustração 37 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

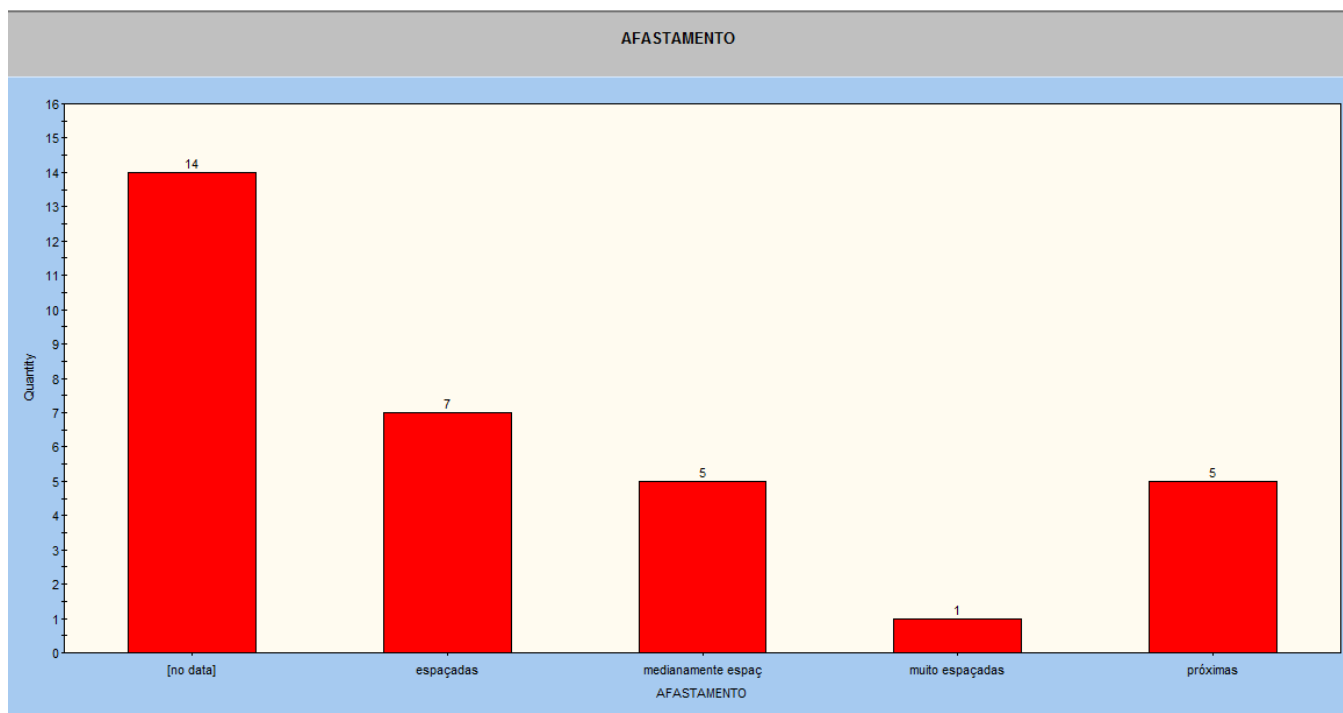


Ilustração 38 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

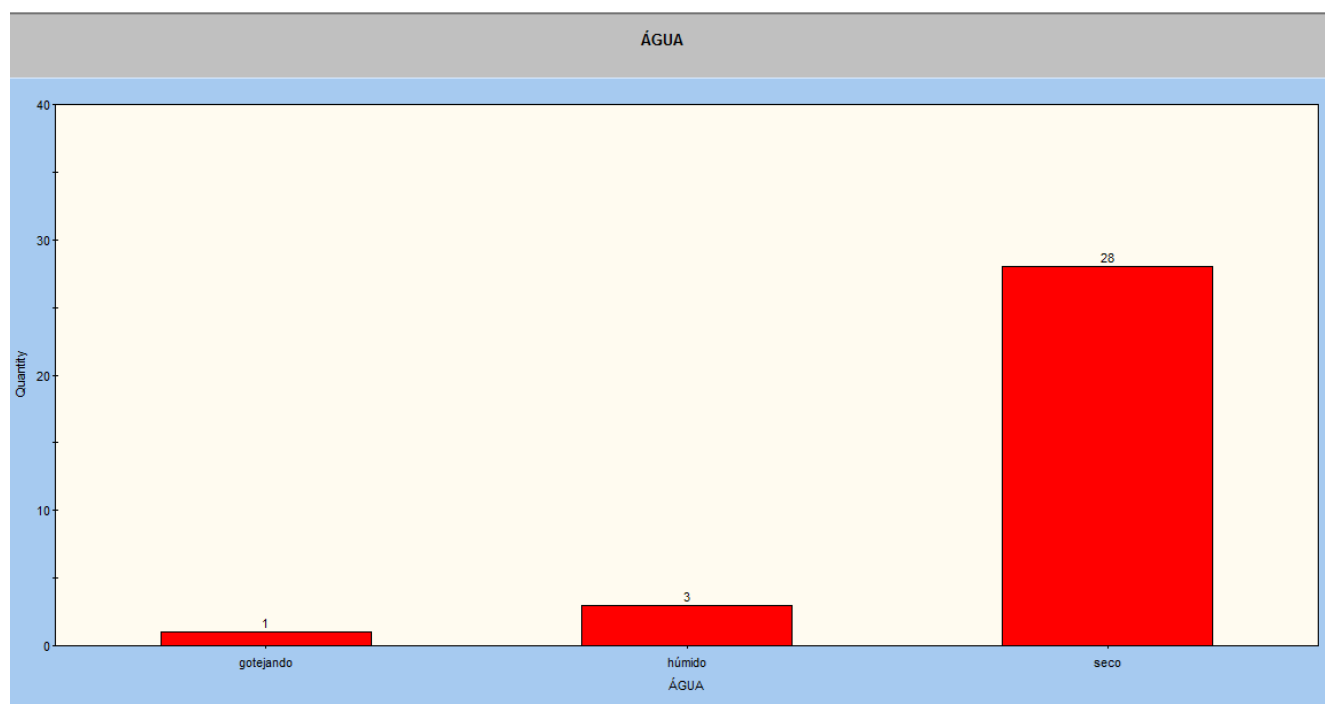


Ilustração 39 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

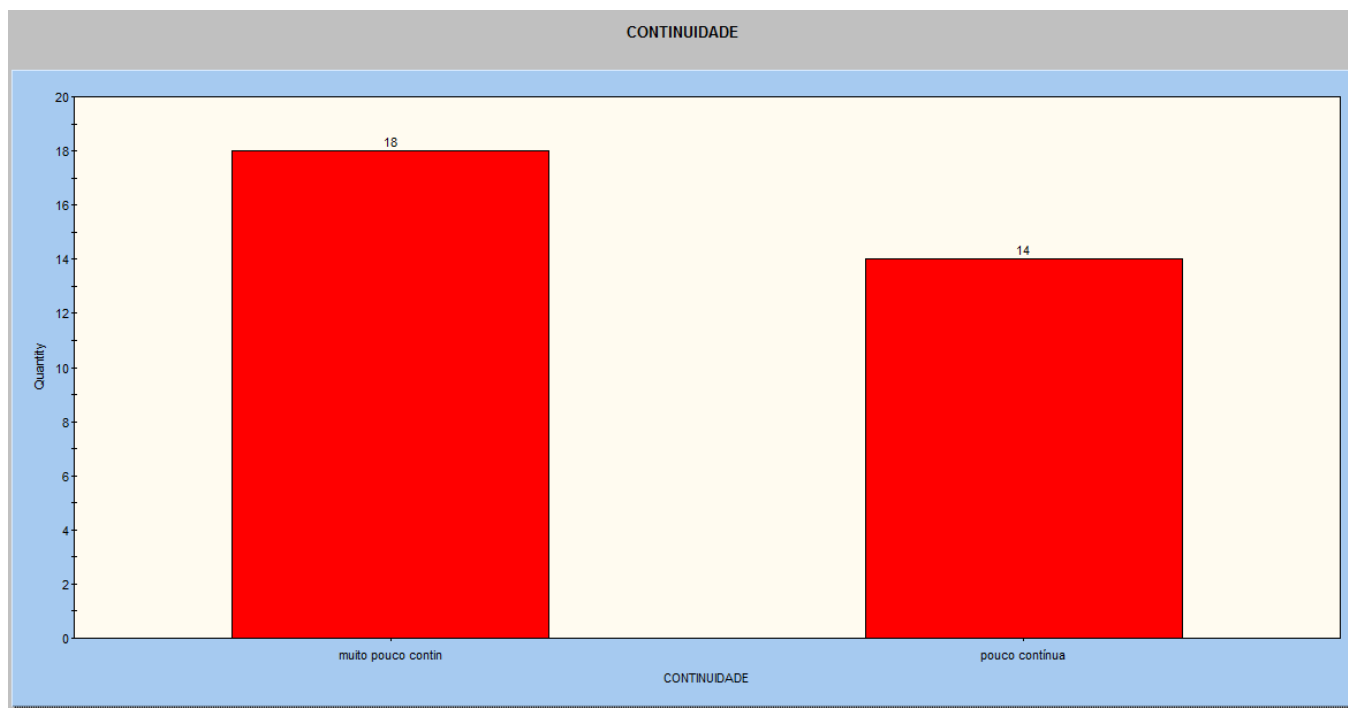


Ilustração 40 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

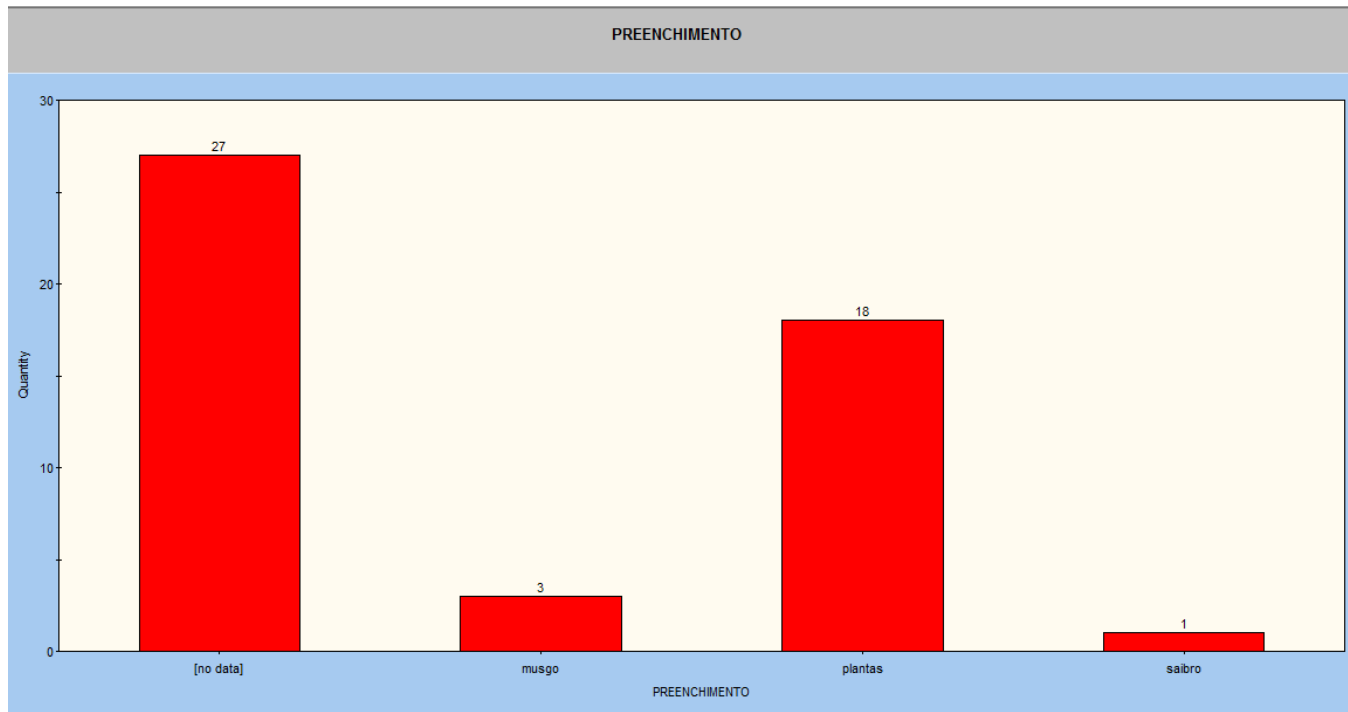


Ilustração 41 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

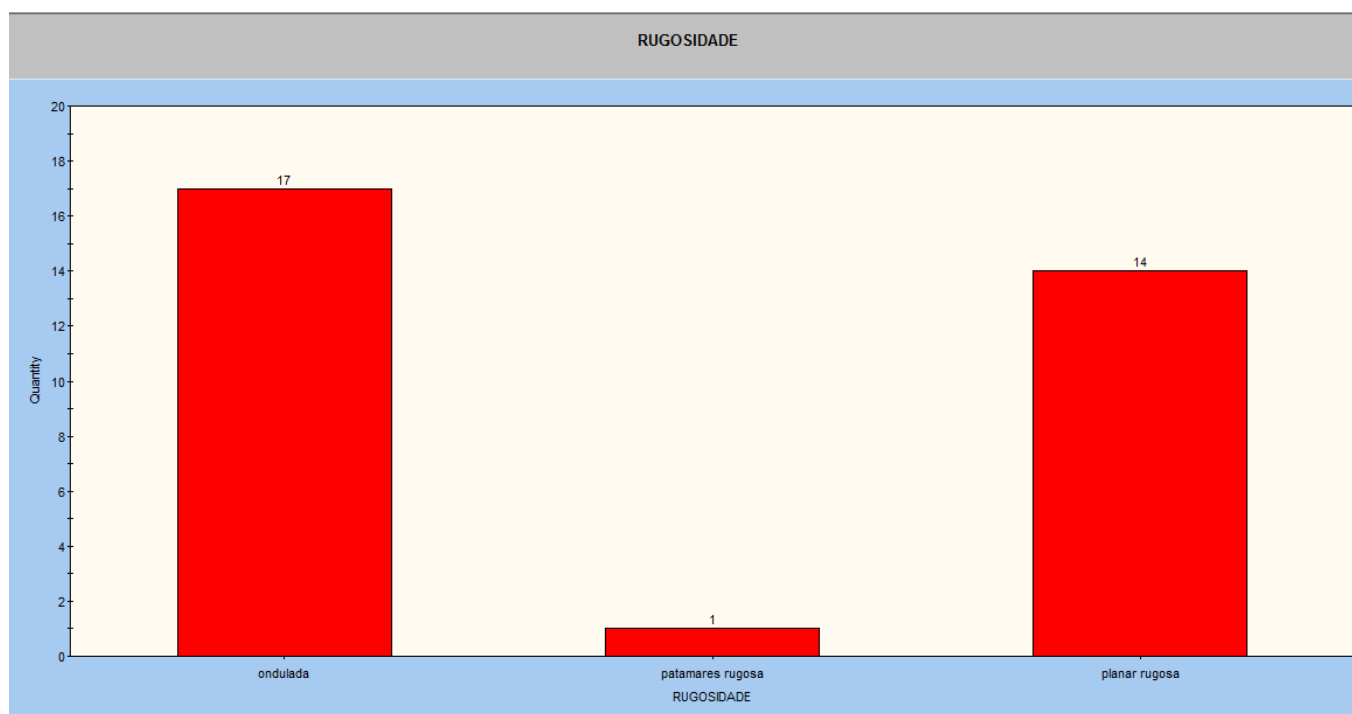


Ilustração 42 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

Para avaliar as condições estruturais do talude, foi necessário determinar as orientações das principais famílias de diaclases. Para o efeito, recorreu-se à projeção de isodensidades dos polos das diaclases recolhidas no campo. As concentrações de polos e os respetivos planos que representam as principais famílias de diaclases obtidas no *DIPS* encontram-se nas Ilustrações 43 e 44.

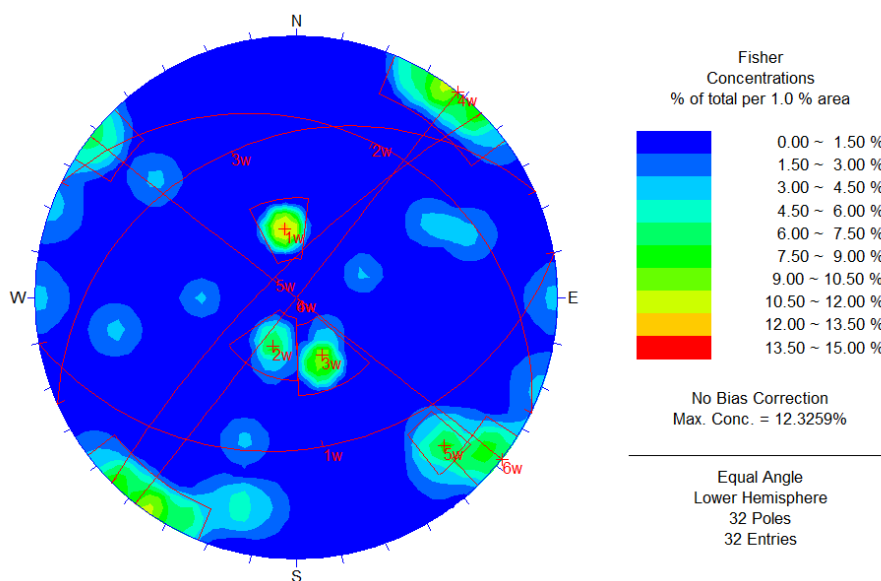


Ilustração 43 - Mapa de concentração de polos e respectivos planos obtido no *software DIPS* relativos às diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

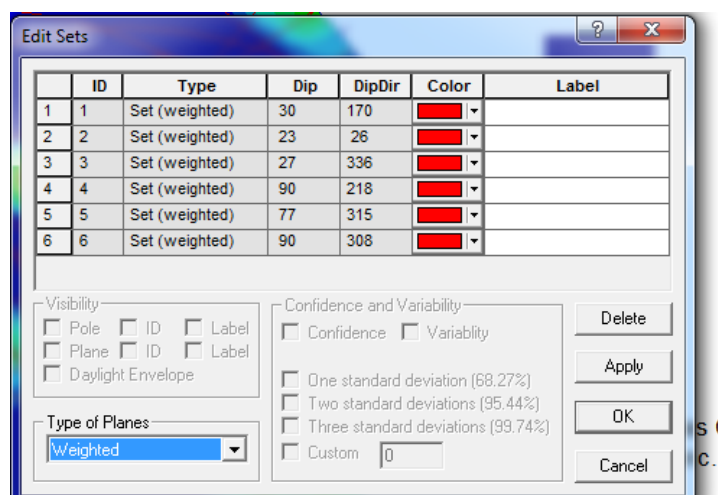


Ilustração 44 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no *software DIPS* relativas ao Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

Uma vez obtidas as orientações das principais famílias de diaclases, recorreu-se ao Teste de *Markland* no *Software Rockpack* para determinar as condições estruturais do talude. Uma vez que o Teste de *Markland* com a projeção das orientações das principais famílias de diaclases (Ilustração 45) deixou dúvidas acerca da possibilidade de deslizamento, foi feita uma projeção com todos os planos de diaclasamento recolhidos no campo. Como se observa na Ilustração 46, existe probabilidade de deslizamento planar, em cunha e *toppling*.

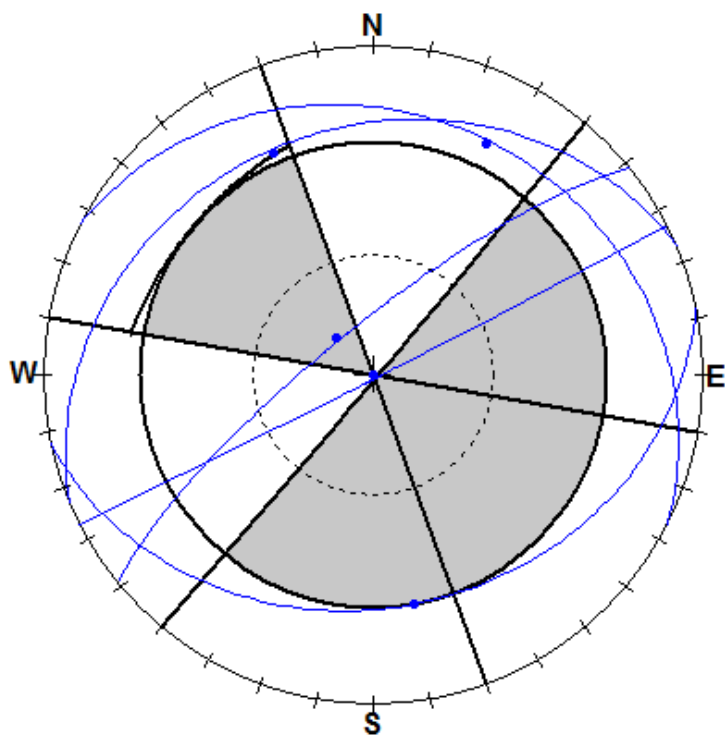


Ilustração 45 - Teste de *Markland* realizado no *Software Rockpack* para o Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

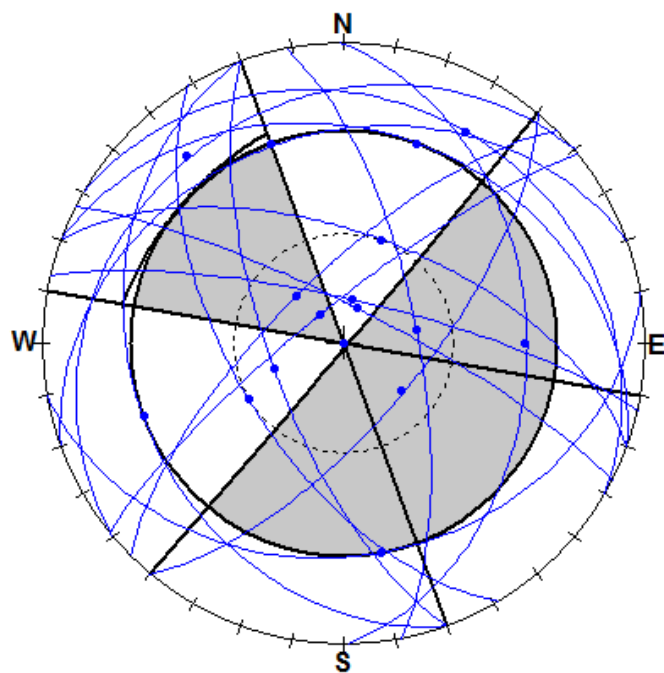


Ilustração 46 - Teste de *Markland* com todos os planos, realizado no *Software Rockpack* para o Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

Como já foi referido anteriormente, este talude insere-se numa zona de atração turística, pela sua proximidade à Sé/Catedral da Cidade do Porto. Os resultados dos parâmetros da vulnerabilidade do Talude da Pena Ventosa 2 encontram-se na tabela 20:

Tabela 20- Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

| | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|-----------------|--|---------------------------|------------------|
| Ocupação do Talude | | | | Habitacional |
| Contexto urbanístico | | | Zona de atração turística | |
| Largura da Plataforma | | | | 2m |
| Distância de visibilidade | | | | |
| Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos | | $\frac{254 \times 0.006}{4} \times 100 = 38\%$ | | |

5.5 - PENA VENTOSA 3

À semelhança dos casos anteriores, este talude apresenta apenas 3m de altura máxima, mas é mais extenso (cerca de 10m de comprimento). Tal como os outros taludes presente nesta rua, é subvertical (Ilustração 47) e neste caso, também não existe historial conhecido de queda de blocos. Os resultados dos parâmetros para o cálculo do índice de perigosidade encontram-se na Tabela 21.



Ilustração 47- Talude da Rua da Pena Ventosa 3.

Tabela 21 - Parâmetros de perigosidade do Talude da Rua da Pena Ventosa 3.

| | | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|---|------------------------------|----------|--|-----------------|
| Altura do talude | | 3m | | | |
| Inclinação | | | | | Subvertical |
| Capacidade de retenção entre a valeta e a base do talude | | | | | Nula |
| Geologia | Condições estruturais (descontinuidades) | | | Descontinuidades com orientação desfavorável | |
| | Grau de alteração | | | W ₃ | |
| | Afastamento | | | 33% F ₃ | |
| | Presença de água no talude | | Húmido | | |
| | Atrito nas descontinuidades | Rugoso (53% ondulada rugosa) | | | |
| | Continuidade | 76% muito pouco contínuas | | | |
| Volume do bloco unitário | | | | | 2m ³ |
| Historial de ocorrências de queda | | Desconhecido | | | |

Tal como os outros taludes desta rua, em relação à capacidade de retenção da valeta, esta é considerada nula, uma vez que a valeta de retenção é inexistente. Apesar de não existir valeta de retenção, foram elaborados dois perfis, de modo a modelar qual a trajetória que os blocos tomariam em caso de queda de blocos, como se pode observar nas Ilustrações 48 e 49.

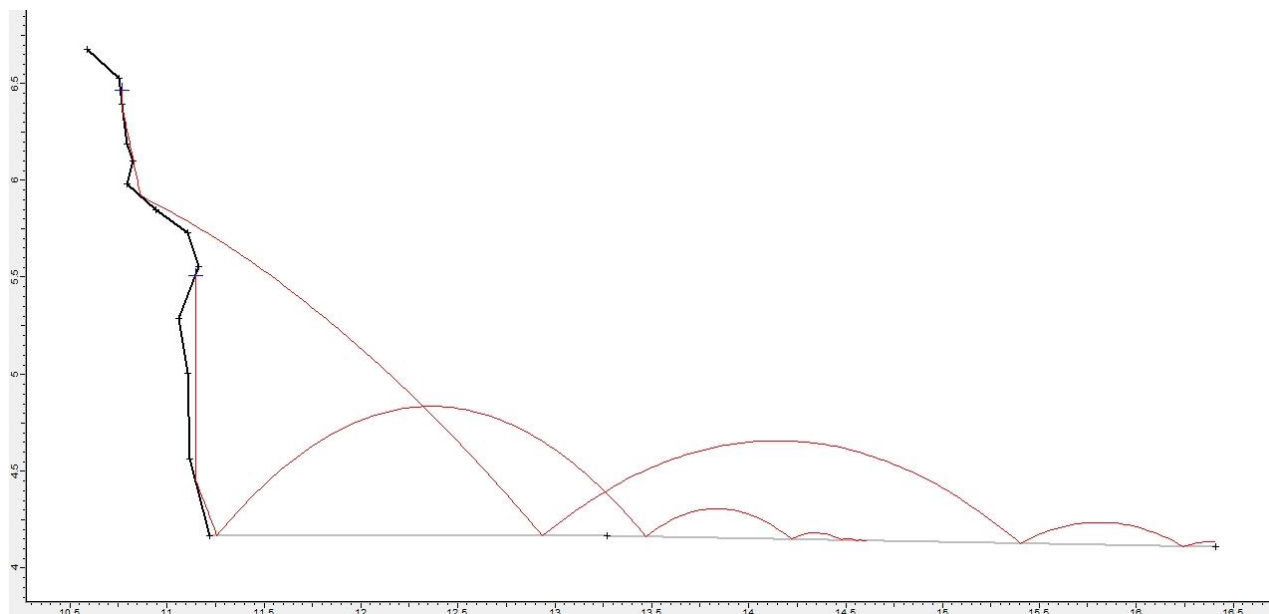


Ilustração 48- Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Pena Ventosa 3.

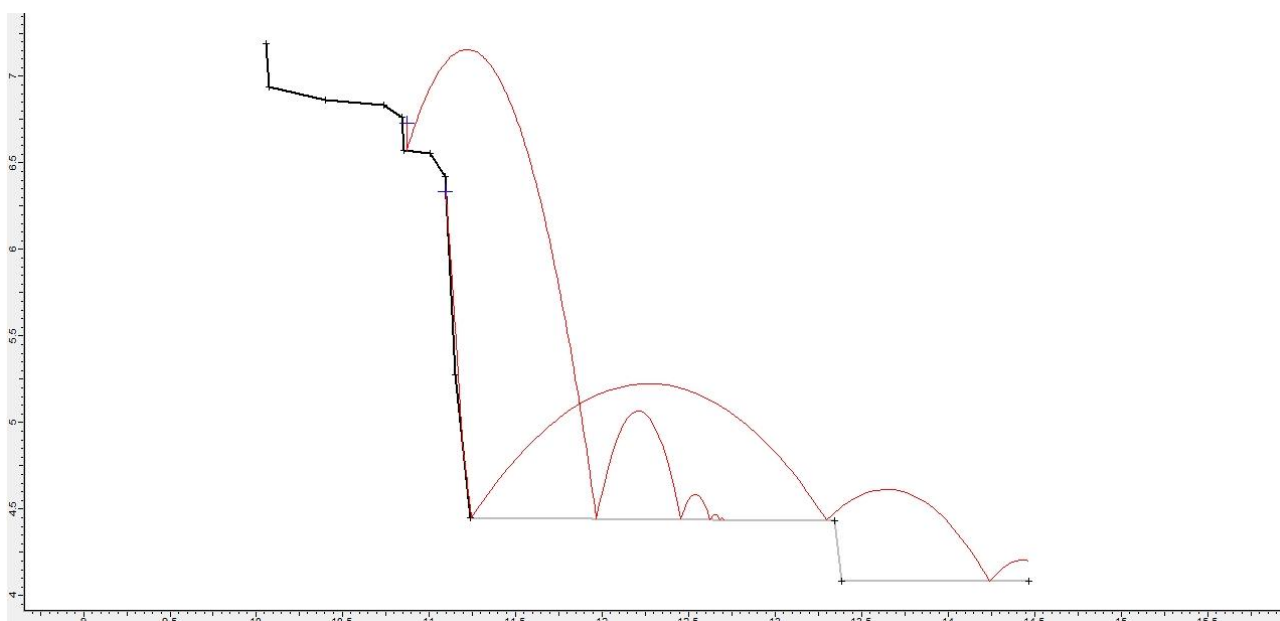


Ilustração 49 - Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Pena Ventosa 3.

No caso dos taludes da Rua da Pena Ventosa, as possíveis trajetórias dos blocos ultrapassam a largura da plataforma, o que indica que podem provocar danos nas casas do lado oposto. Esta informação é importante para se perceber quais as medidas de mitigação a aplicar, no futuro.

De modo a avaliar os parâmetros da perigosidade relativos à geologia, foi feito um tratamento estatístico da abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade, com base em histogramas obtidos no *software DIPS*, como se observa nas Ilustrações 50 a 55.

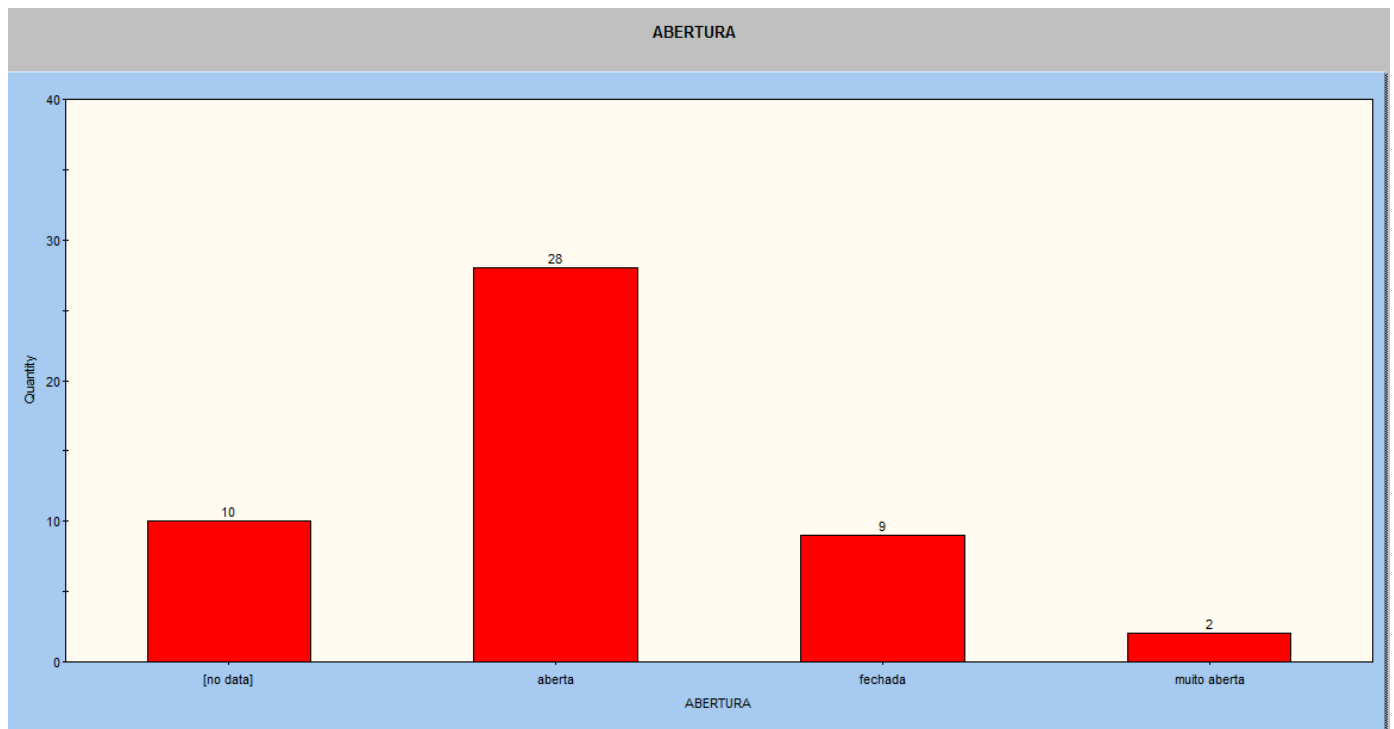


Ilustração 50 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 3.

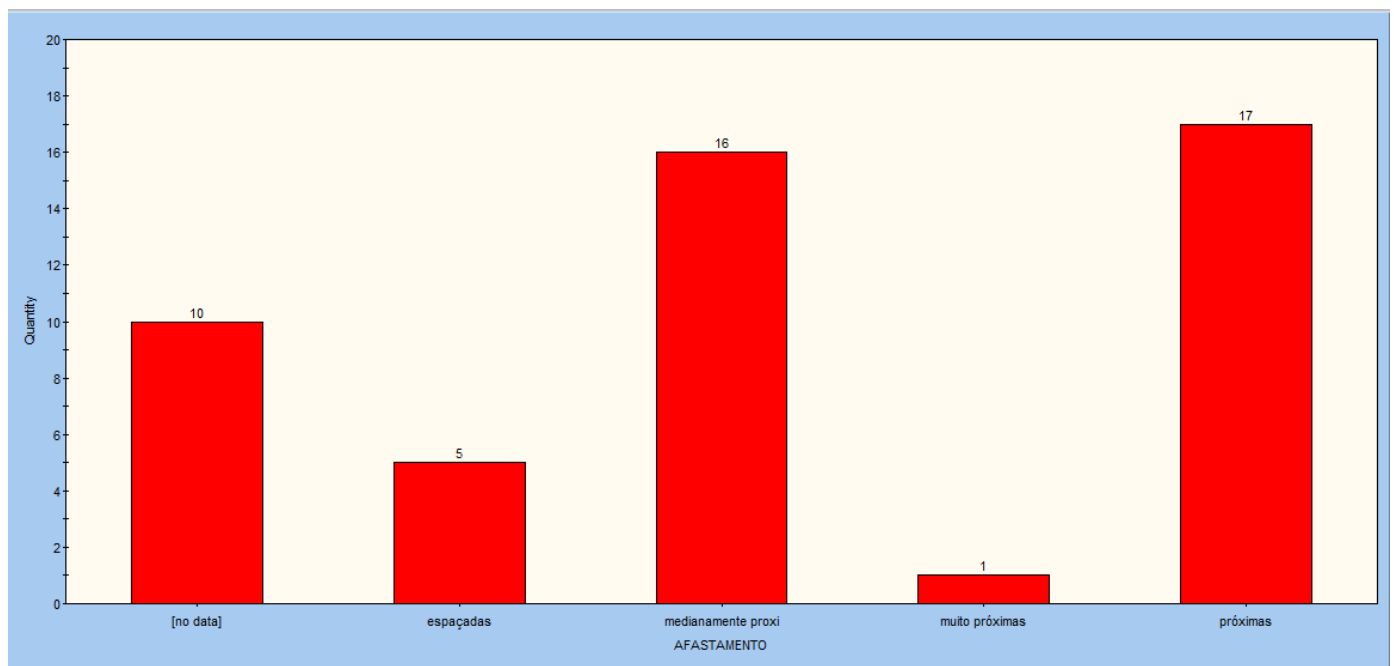


Ilustração 51 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 3.

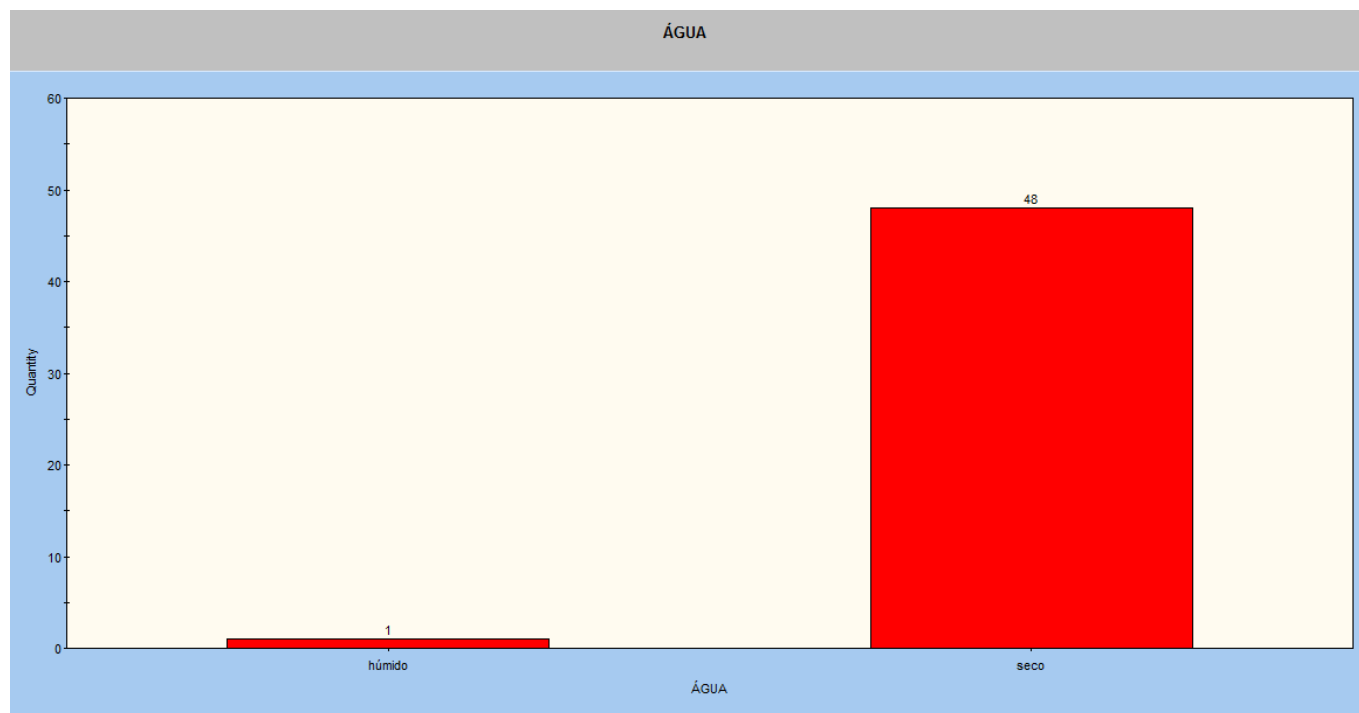


Ilustração 52 – Histograma obtido no *software* DIPS que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 3.

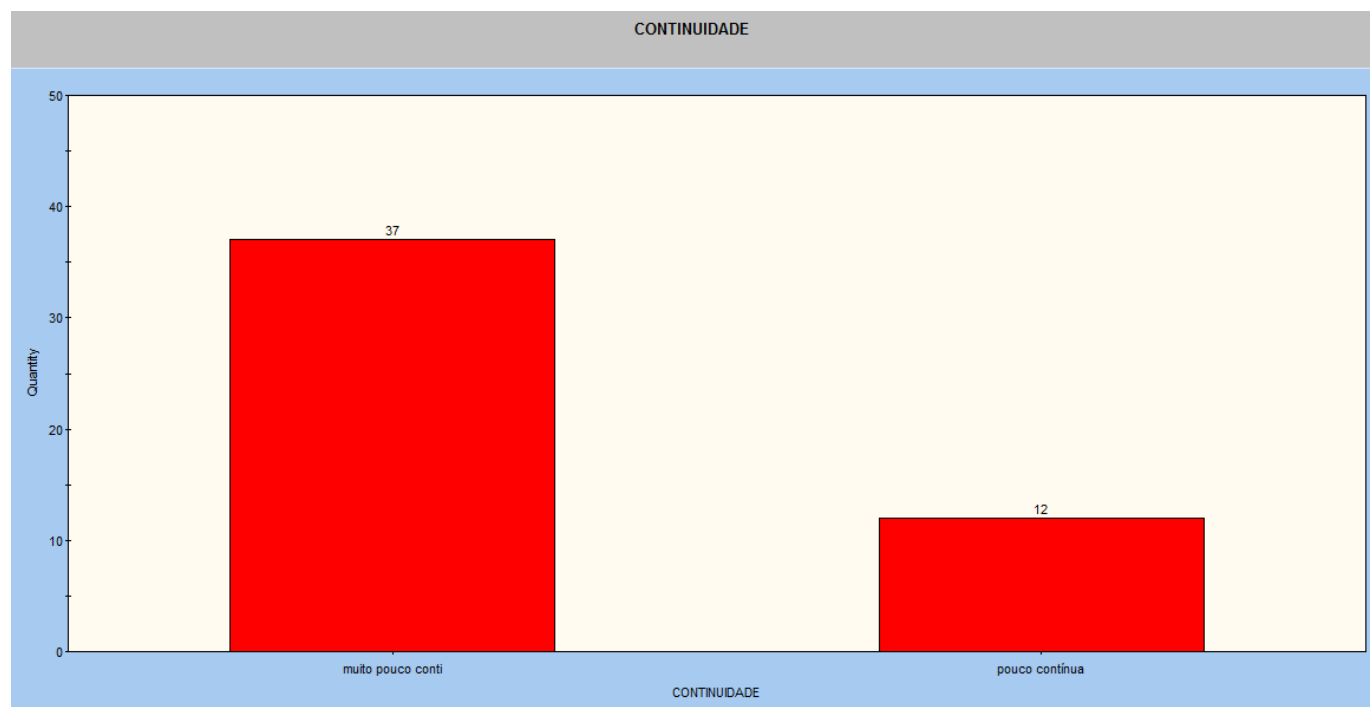


Ilustração 53 - Histograma obtido no *software* DIPS que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 3.

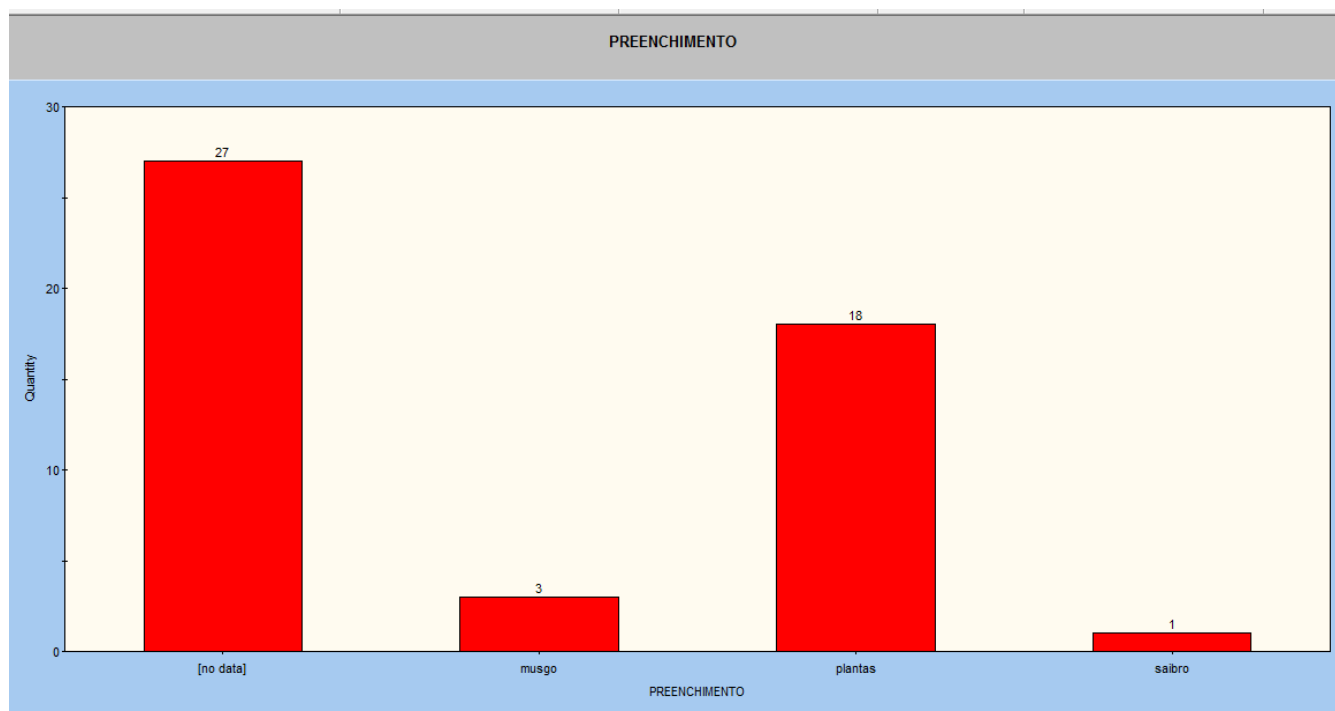


Ilustração 54 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 3.

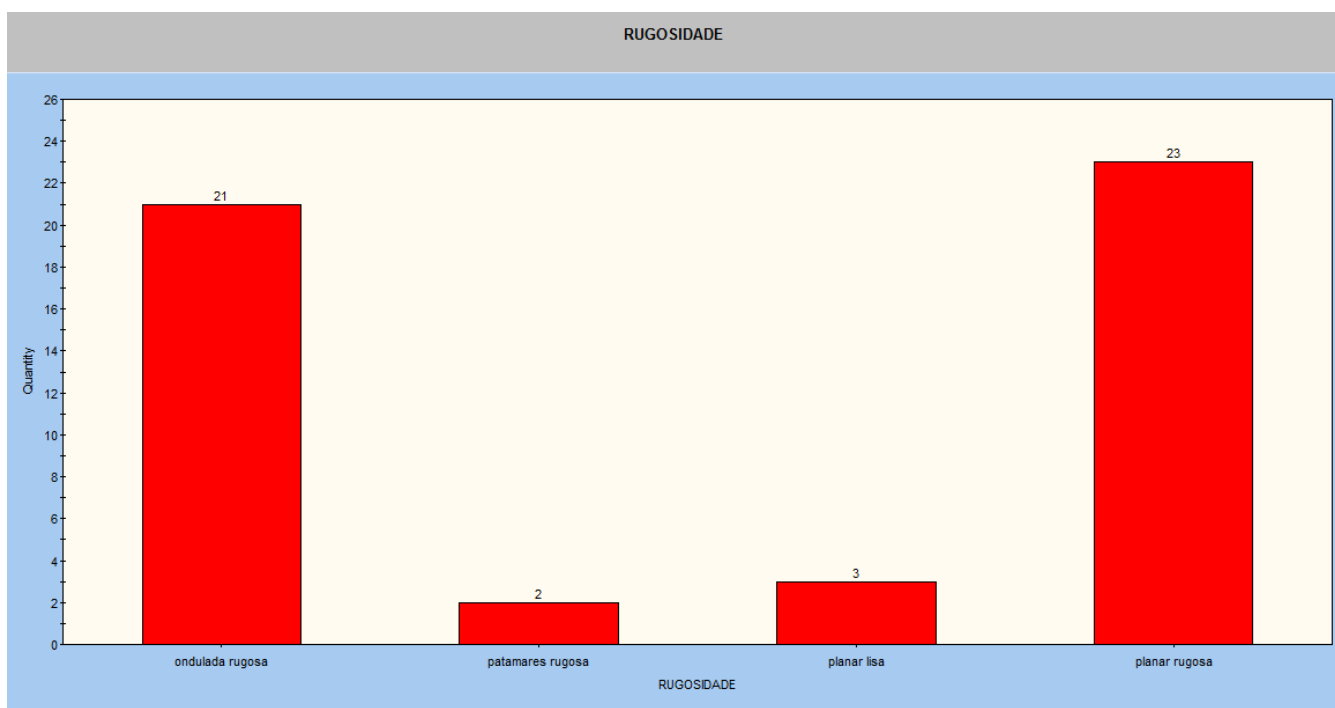


Ilustração 55 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 3.

Para avaliar as condições estruturais do talude, foi necessário determinar as orientações das principais famílias de diaclases. Para o efeito, recorreu-se à projeção de isodensidades dos polos das diaclases recolhidas no campo. As orientações das diaclases, valores de abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade obtidas no campo encontram-se no anexo.

As concentrações de polos e os respetivos planos que representam as principais famílias de diaclases obtidas no *DIPS* encontram-se nas Ilustrações 56 e 57.

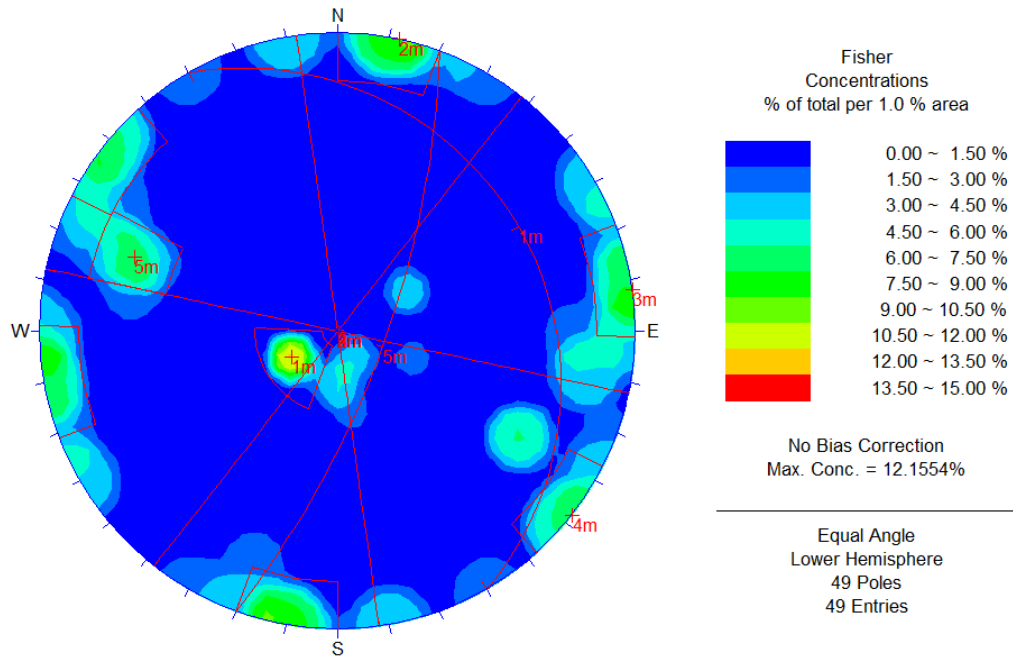


Ilustração 56 - Mapa de concentração de polos e respetivos planos obtido no *software DIPS* relativos às diaclases do Talude da Rua da Pena Ventosa 3.

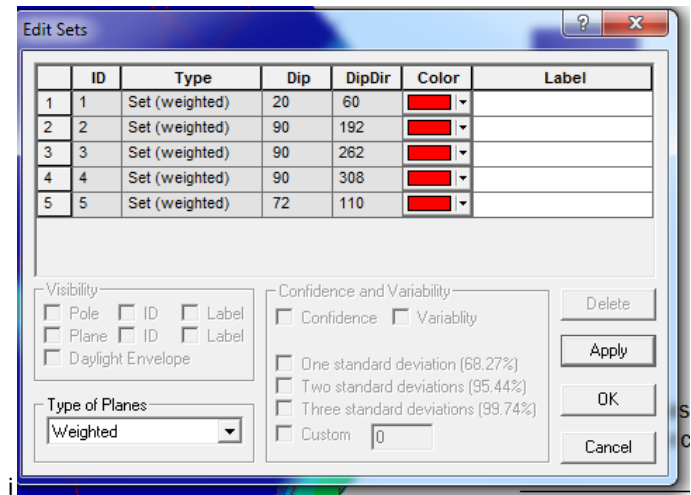


Ilustração 57 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no *software DIPS* relativas ao Talude da Rua da Pena Ventosa 3.

Após se obter a orientação das principais famílias de diaclases, recorreu-se ao Teste de *Markland* no *Software Rockpack* para determinar as condições estruturais do talude. Como se observa na Ilustração 58, existe probabilidade de deslizamento em cunha (N20;72SE e N145;90).

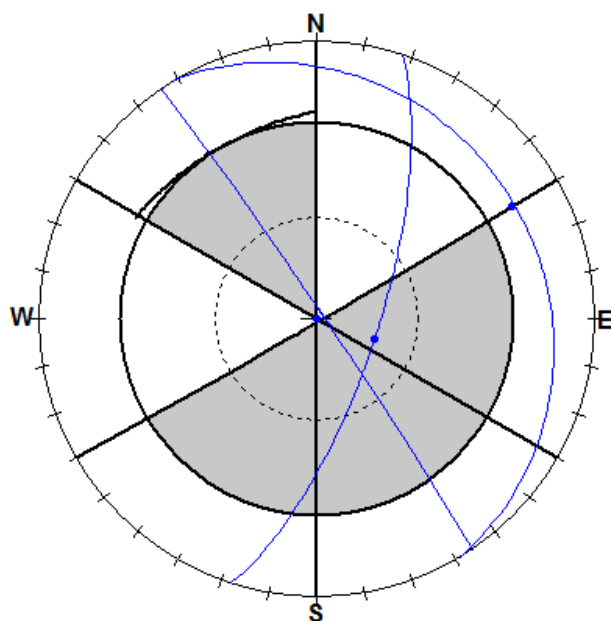


Ilustração 58 - Teste de *Markland* realizado no *Software Rockpack* para o Talude da Rua da Pena Ventosa 3.

A ocupação do talude é habitacional, tal como os casos anteriores e o contexto urbanístico é igual, uma vez que se localiza na mesma rua. Os resultados dos parâmetros para cálculo do índice de vulnerabilidade encontram-se a Tabela 22.

Tabela 22 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude da Rua da Pena Ventosa 3.

| | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|----------|----------|---|--------------|
| Ocupação do Talude | | | | Habitacional |
| Contexto urbanístico | | | Zona de atração turística | |
| Largura da Plataforma | | | 3m | |
| Distância de visibilidade | | | | |
| Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos | | | $\frac{254 \times 0.01}{4} \times 100$ = 63,5% | |

5.6 - ESCADAS DO BARREDO

Trata-se de um talude bastante heterogéneo em termos de altura, apresentando uma zona mais baixa (altura máxima de 6m) que se prolonga para N50° onde o talude atinge grandes proporções, quer em altura quer em comprimento, mas se encontra completamente coberto por vegetação (Ilustrações 59, 60 e 61). Os dados que constam do índice de perigosidade (tabela 23) foram recolhidos na zona exposta do talude, com base em trabalho de campo, uma vez que este também não consta da Carta Geotécnica do Porto.



Ilustração 59 - Talude das Escadas do Barredo onde este atinge a altura máxima da área descoberta e posteriormente se prolonga para N50.



Ilustração 60 - Talude das Escadas do Barredo na zona que assume direção N50 e atinge grandes proporções, completamente coberto por vegetação.



Ilustração 61 - Talude das Escadas do Barredo na sua zona mais baixa.

Tabela 23 - Parâmetros de perigosidade do Talude das Escadas do Barredo.

| | | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|---|---------------------|----------|--|--------------------|
| Altura do talude | | | 6m | | |
| Inclinação | | | | | Subvertical |
| Capacidade de retenção entre a valeta e a base do talude | | | | | Nula |
| Geologia | Condições estruturais (descontinuidades) | | | Descontinuidades com orientação desfavorável | |
| | Grau de alteração | | | W ₃ | |
| | Afastamento | | | | 13% F ₂ |
| | Presença de água no talude | Seco | | | |
| | Atrito nas descontinuidades | | | Planar (50% planar lisa) | |
| | Continuidade | 38% pouco contínuas | | | |
| Volume do bloco unitário | | | | | 3m ³ |
| Historial de ocorrências de queda | | Desconhecido | | | |

Para avaliar as condições estruturais do talude, foi necessário determinar as orientações das principais famílias de diaclases. Para o efeito, recorreu-se à projeção de isodensidades dos polos das diaclases recolhidas no campo. As orientações das diaclases, valores de abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade obtidas no campo encontram-se no anexos.

As concentrações de polos e os respetivos planos que representam as principais famílias de diaclases obtidas no *DIPS* encontram-se nas Ilustrações 62 e 63.

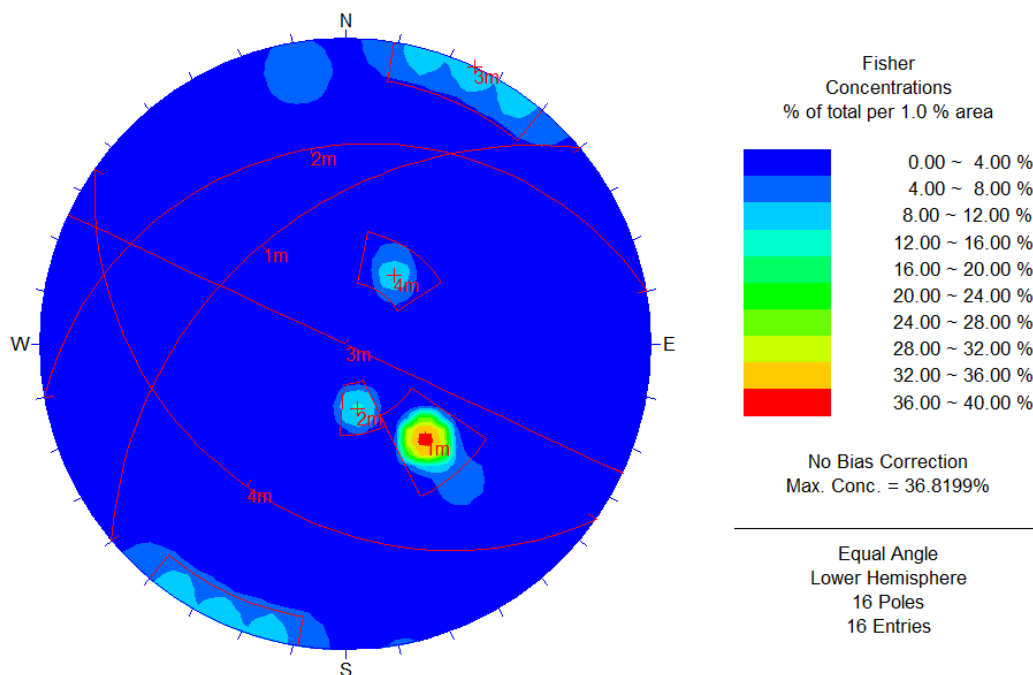


Ilustração 62 - Mapa de concentração de polos e respectivos planos obtido no *software DIPS* relativos às diaclases do Talude das Escadas do Barredo.

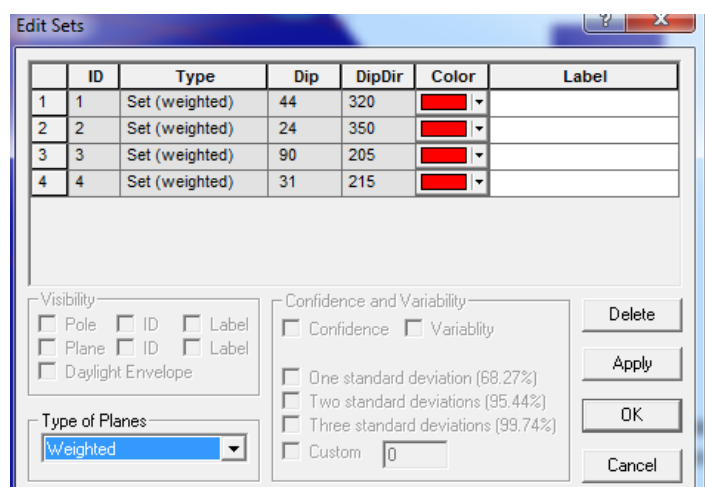


Ilustração 63 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no *software DIPS* relativas ao Talude das Escadas do Barredo.

De modo a avaliar os parâmetros da perigosidade relativos à geologia, foi feito um tratamento estatístico da abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade, com base em histogramas obtidos no *software DIPS*, como se observa nas Ilustrações 64 a 69.

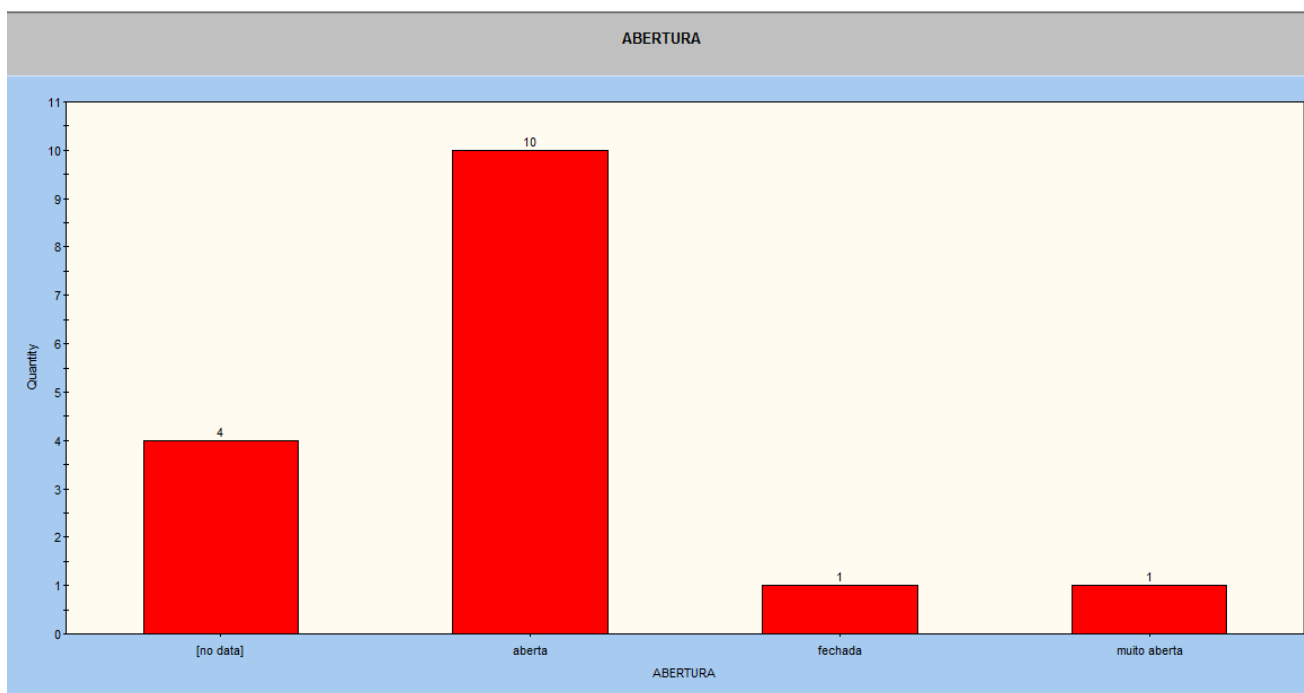


Ilustração 64 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude das Escadas do Barredo.

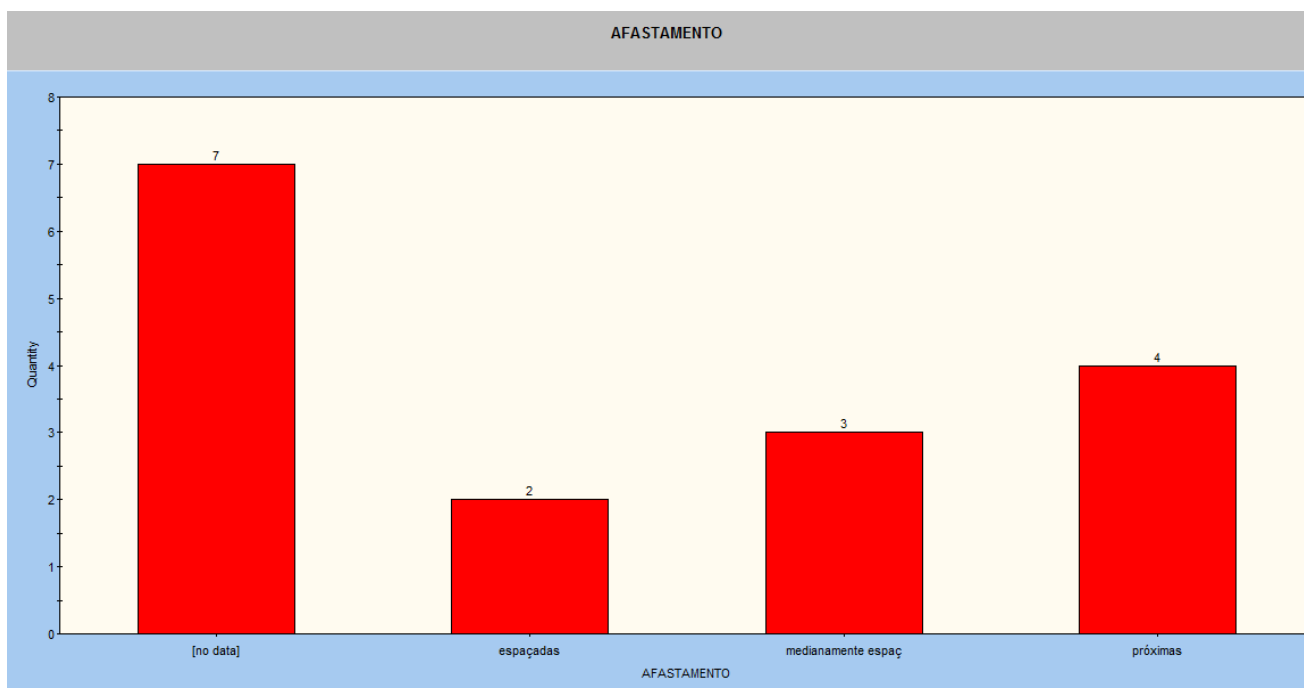


Ilustração 65 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude das Escadas do Barredo.

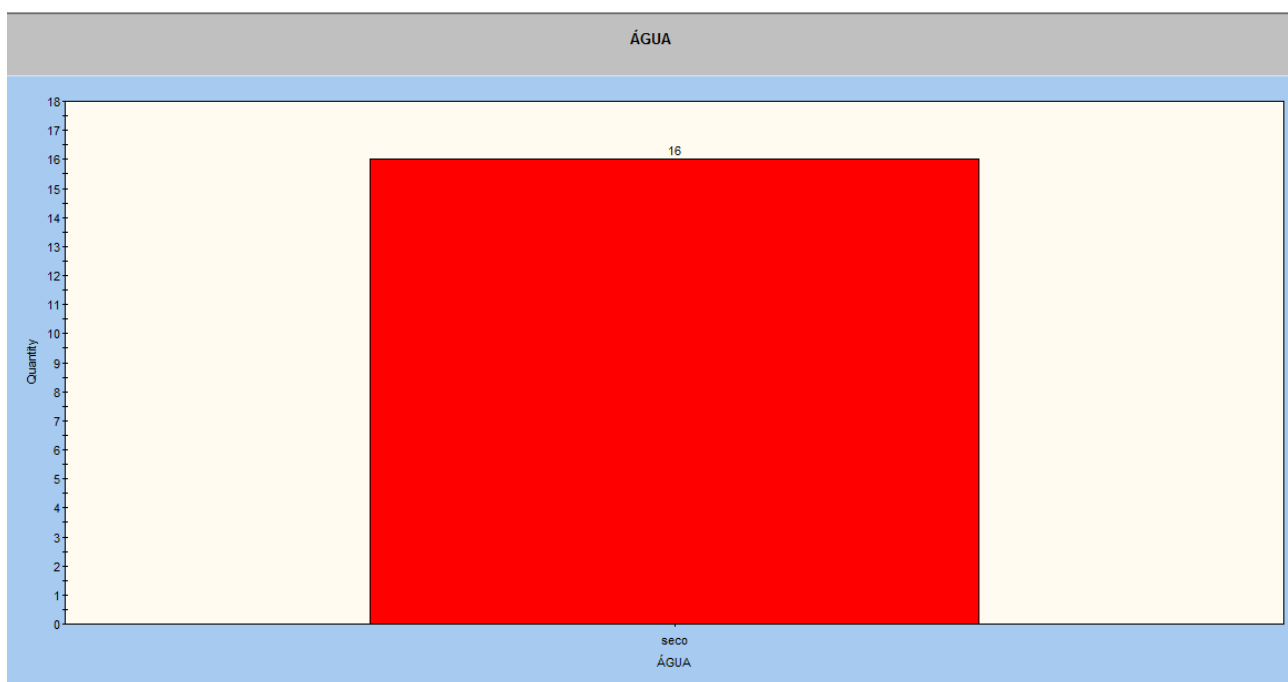


Ilustração 66 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude das Escadas do Barredo.

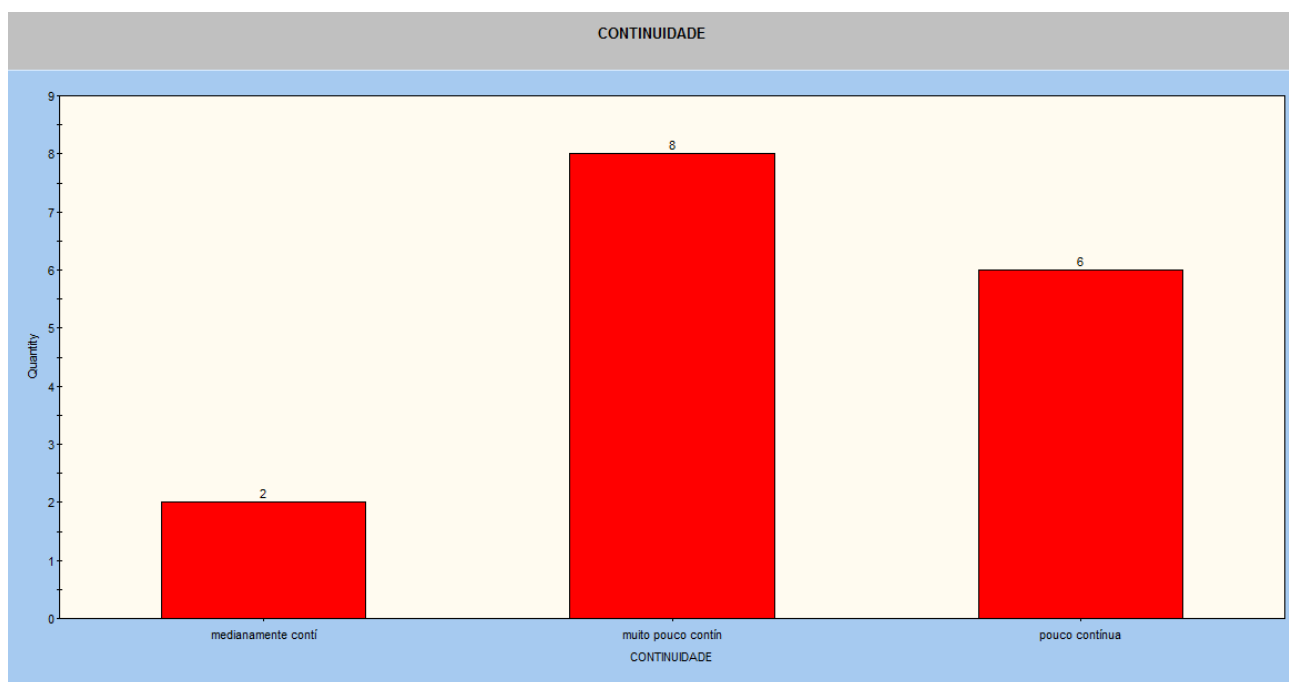


Ilustração 67 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude das Escadas do Barredo.

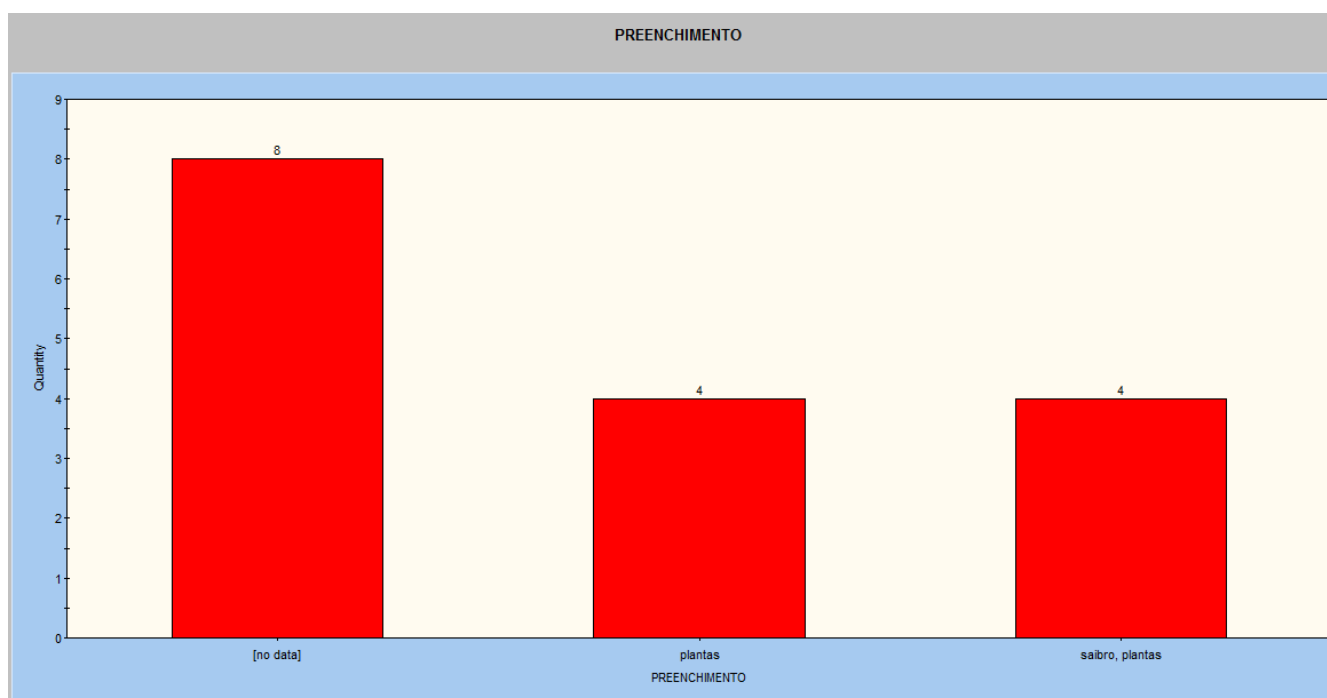


Ilustração 68 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude das Escadas do Barredo.

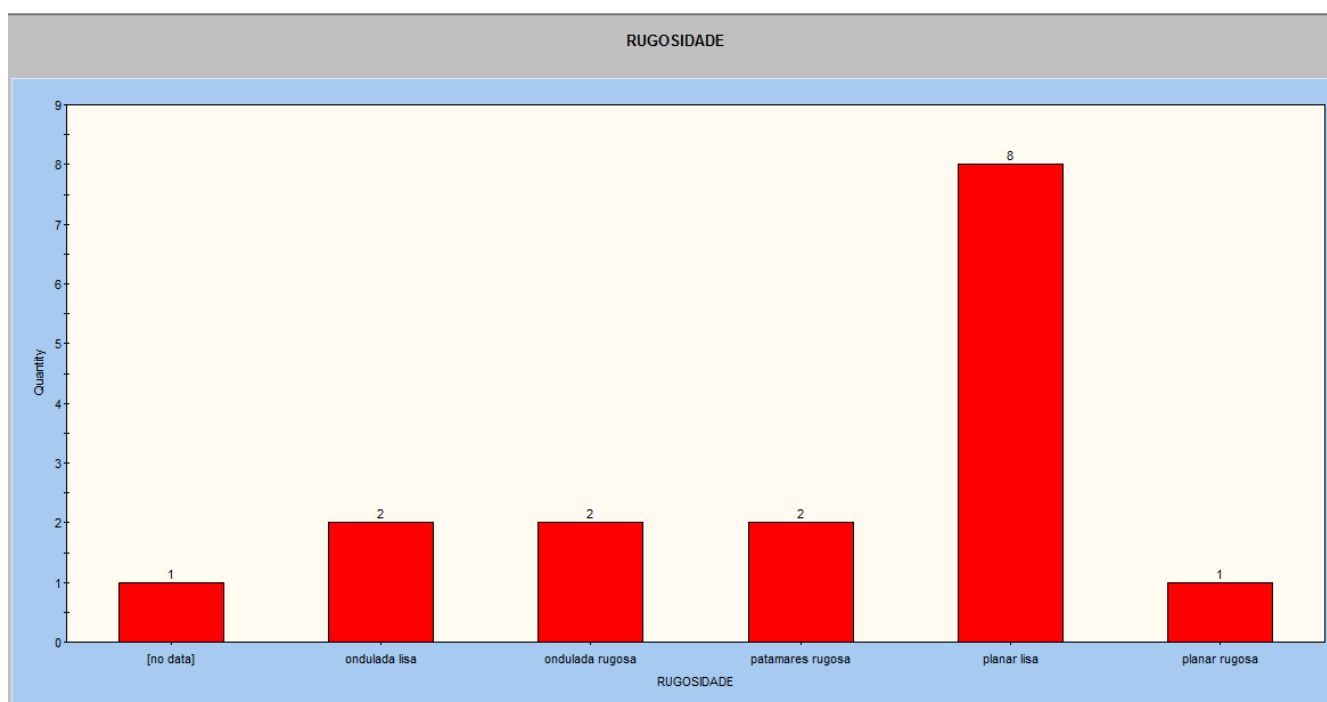


Ilustração 69 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude das Escadas do Barredo.

Após se obter a orientação das principais famílias de diaclases, recorreu-se ao Teste de *Markland* no *Software Rockpack* para determinar as condições estruturais do talude (Ilustrações 70 e 71). Uma vez que a projeção das principais famílias de diaclases deixou dúvidas na probabilidade de deslizamento, foi realizado o teste de *Markland* com todas as orientações de diaclasamento recolhidas no campo. Como se observa na Ilustração 71, existe probabilidade de *toppling* (N125;31SW).

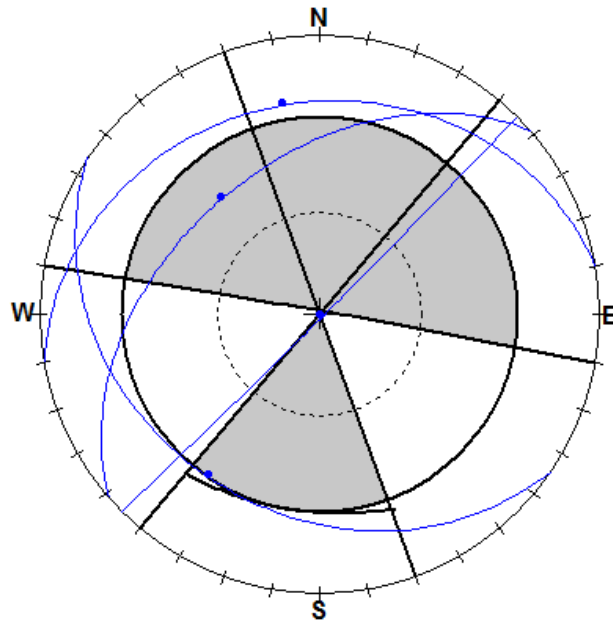


Ilustração 70 - Teste de *Markland* realizado no *Software Rockpack* para o Talude das Escadas do Barredo.

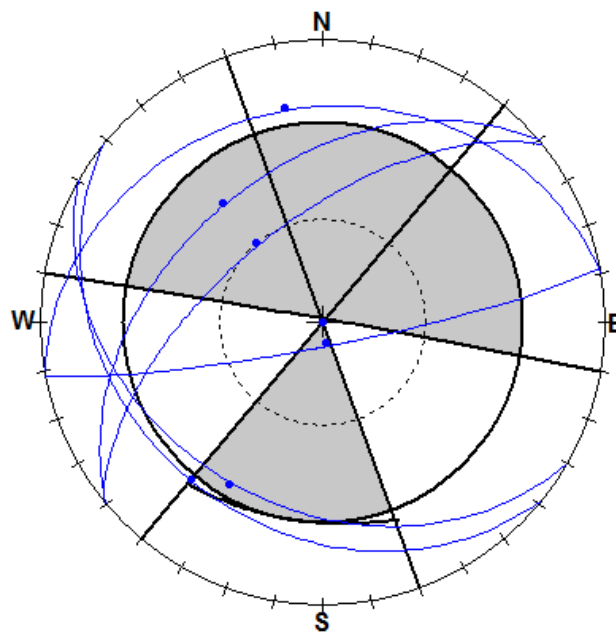


Ilustração 71 - Teste de *Markland* realizado no *Software Rockpack*, com todos os planos de diaclasamento, para o Talude das Escadas do Barredo.

Este talude insere-se numa zona habitacional, ficando bastante próximo de uma casa (cerca de 3m de distância). Os parâmetros para o cálculo do índice de vulnerabilidade encontram-se na tabela 24:

Tabela 24- Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude das Escadas do Barredo.

| | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|---|-------------------|------------------|------------------|
| Ocupação do Talude | | | Logradouro | |
| Contexto urbanístico | | Zona Habitacional | | |
| Largura da Plataforma | | | 3m | |
| Distância de visibilidade | | | | |
| Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos | $\frac{17 \times 0.0015}{4} \times 100 = 3,2\%$ | | | |

5.7 - LARGO DOS ARCOS DA RIBEIRA

Este talude de pequenas dimensões (5m de altura e 6m de comprimento) encontra-se grandemente coberto por vegetação, como se observa nas Ilustrações 72, 73 e 74, o que dificultou o levantamento dos dados de campo que constam do índice de perigosidade (tabela 25).

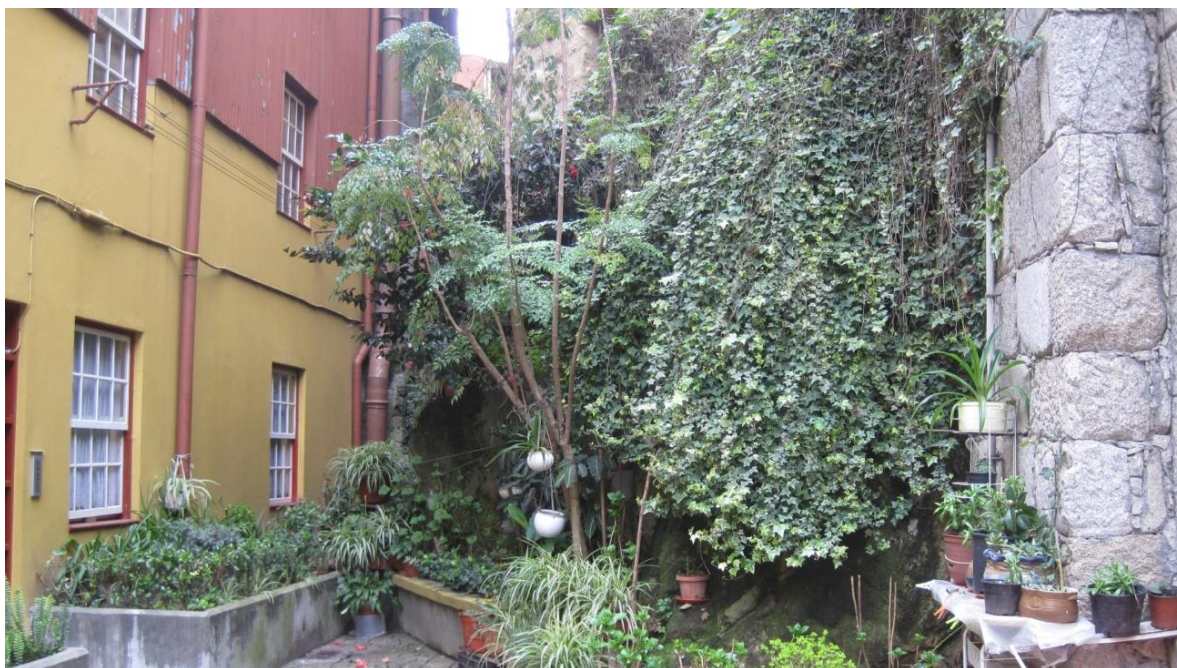


Ilustração 72- Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.



Ilustração 73 - Talude do largo dos Arcos da Ribeira, vista de pormenor.

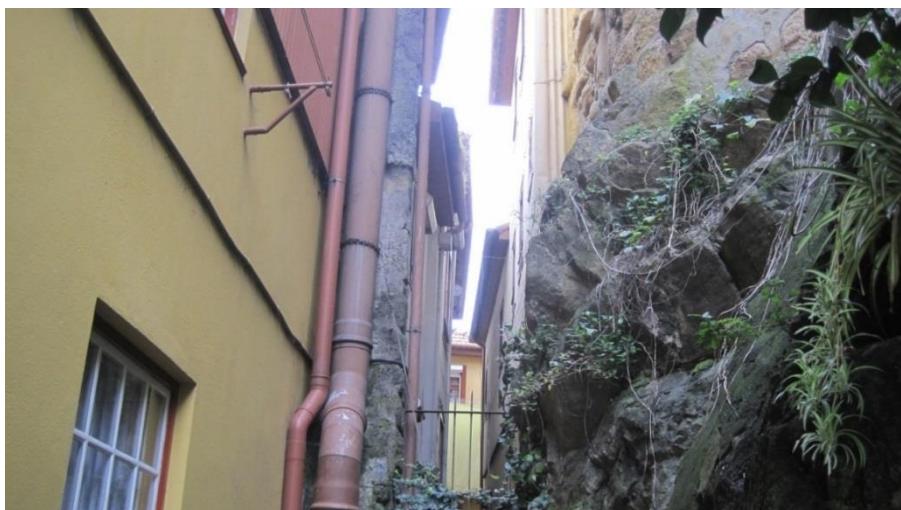


Ilustração 74 - Talude do largo dos Arcos da Ribeira, vista de pormenor.

Tabela 25 - Parâmetros de perigosidade do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.

| | | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|---|---|---------------------|--------------------------|--------------------|
| Altura do talude | | 5m | | | |
| Inclinação | | | | | Subvertical |
| Capacidade de retenção entre a valeta e a base do talude | | | | | Nula |
| Geologia | Condições estruturais (descontinuidades) | Descontinuidades com orientação favorável | | | |
| | Grau de alteração | | | W ₃ | |
| | Afastamento | | | | 13% F ₁ |
| | Presença de água no talude | | Húmido | | |
| | Atrito nas descontinuidades | | | Planar (50% planar lisa) | |
| | Continuidade | | 75% pouco contínuas | | |
| Volume do bloco unitário | | | | | 2m ³ |
| Historial de ocorrências de queda | | Desconhecido | | | |

Para avaliar a capacidade de retenção da valeta foram elaborados três perfis no *Software Rocfall* devido às heterogeneidades da morfologia do talude e das dimensões da valeta. Como se observa nos perfis das Ilustrações 75, 76 e 77 a capacidade de retenção da valeta é nula.

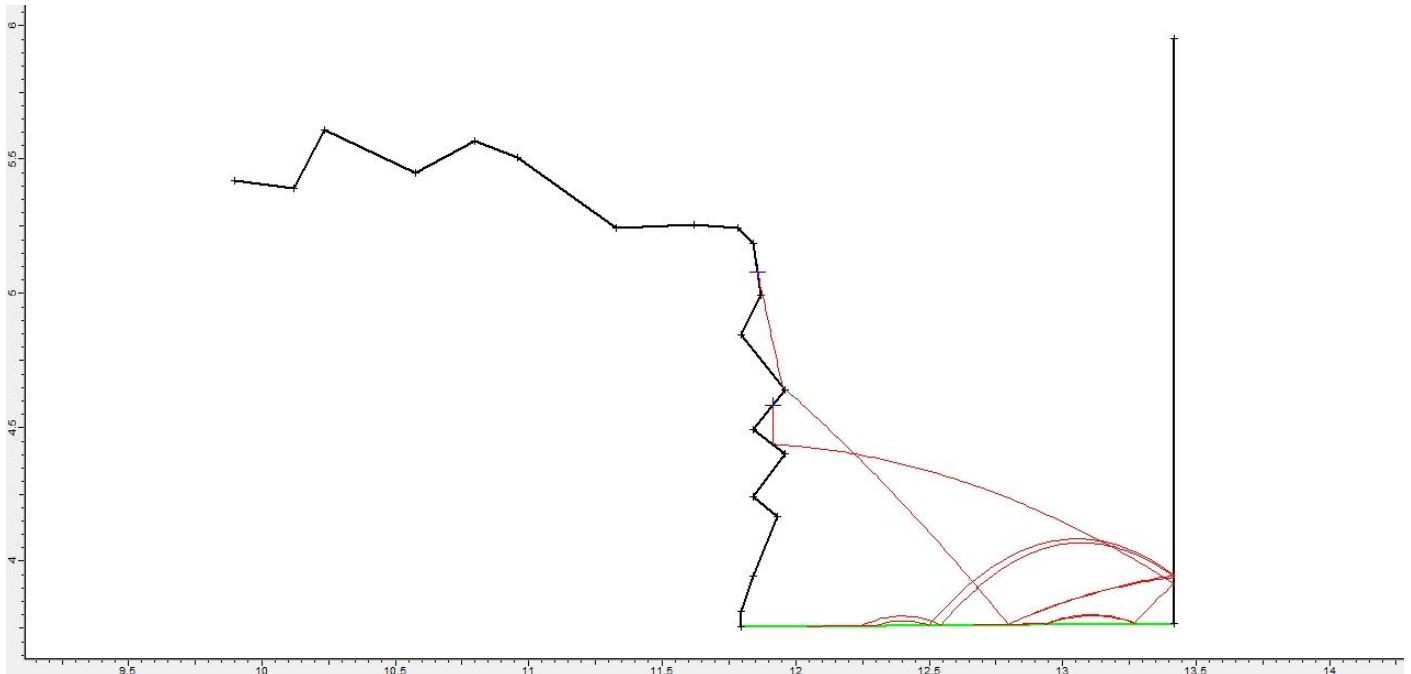


Ilustração 75 - Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.

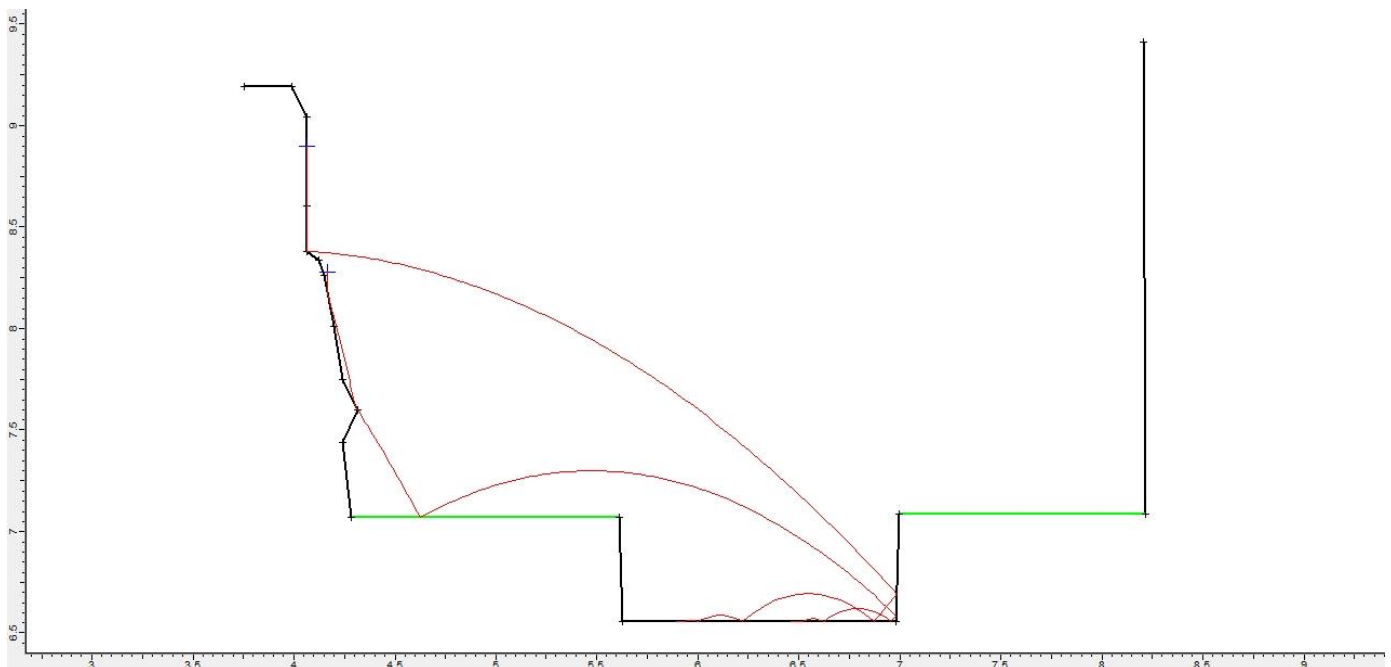


Ilustração 76 - Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.

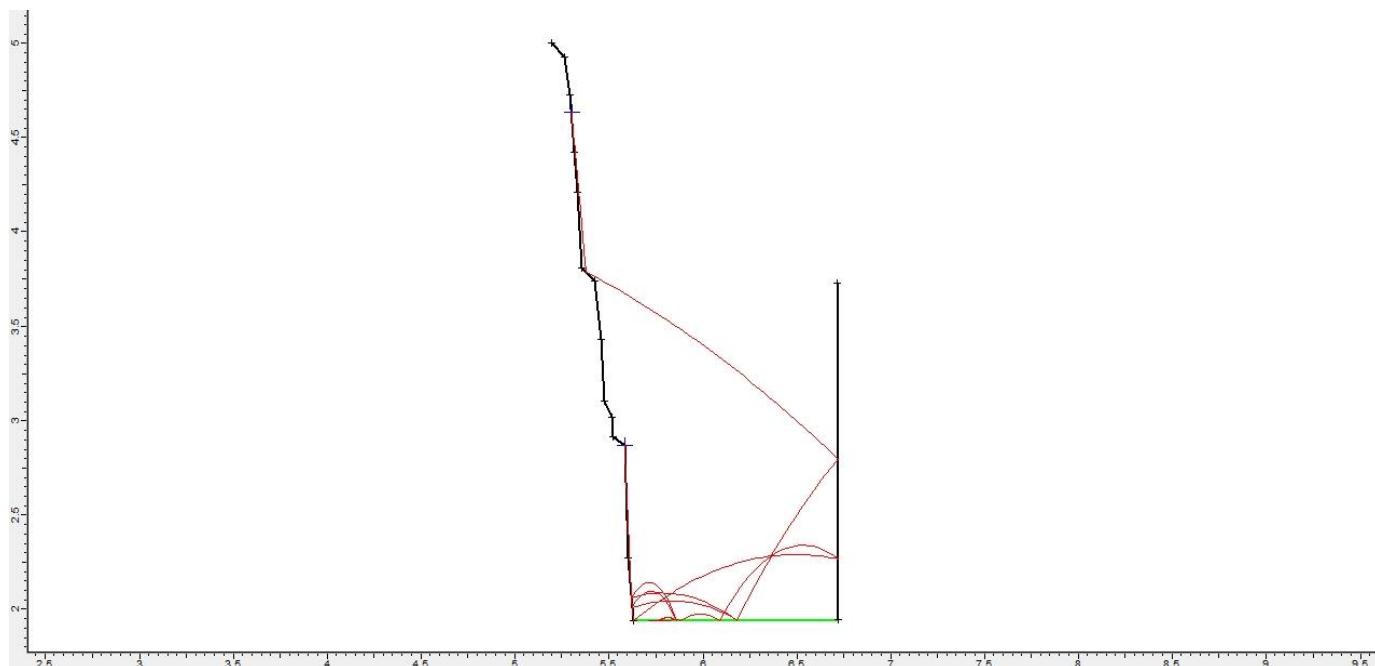


Ilustração 77 – Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.

Para avaliar as condições estruturais do talude, foi necessário determinar as orientações das principais famílias de diaclases. Para o efeito, recorreu-se à projeção de isodensidades dos polos das diaclases recolhidas no campo. As orientações das diaclases, valores de abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade obtidas no campo encontram-se no anexos.

As concentrações de polos e os respetivos planos que representam as principais famílias de diaclases obtidas no *DIPS* encontram-se nas Ilustrações 78 e 79.

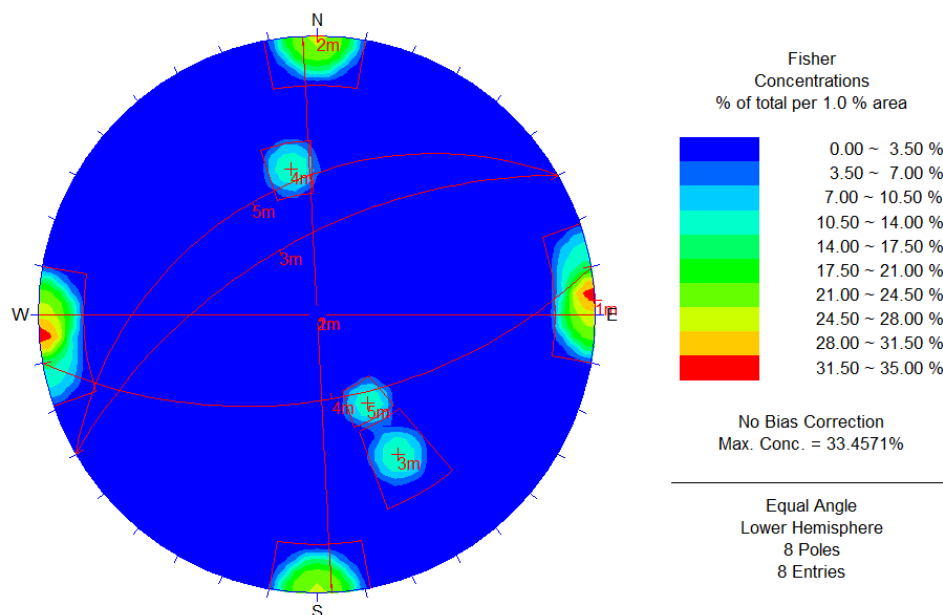


Ilustração 78 - Mapa de concentração de polos e respectivos planos obtido no *software DIPS* relativos às diaclases do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.

| ID | Type | Dip | DipDir | Color | Label |
|----|----------------|-----|--------|-------|-------|
| 1 | Set (weighted) | 90 | 267 | | |
| 2 | Set (weighted) | 90 | 180 | | |
| 3 | Set (weighted) | 60 | 330 | | |
| 4 | Set (weighted) | 56 | 170 | | |
| 5 | Set (weighted) | 40 | 330 | | |

Visibility:
☐ Pole ☐ ID ☐ Label
☐ Plane ☐ ID ☐ Label
☐ Daylight Envelope

Type of Planes:
 Weighted

Confidence and Variability:
☐ Confidence ☐ Variability
☐ One standard deviation (68.27%)
☐ Two standard deviations (95.44%)
☐ Three standard deviations (99.74%)
☐ Custom 0

Delete Apply OK Cancel

Ilustração 79 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no *software DIPS* relativas ao Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.

De modo a avaliar os parâmetros da perigosidade relativos à geologia, foi feito um tratamento estatístico da abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade, com base em histogramas obtidos no *software DIPS*, como se observa nas Ilustrações 80 a 85.

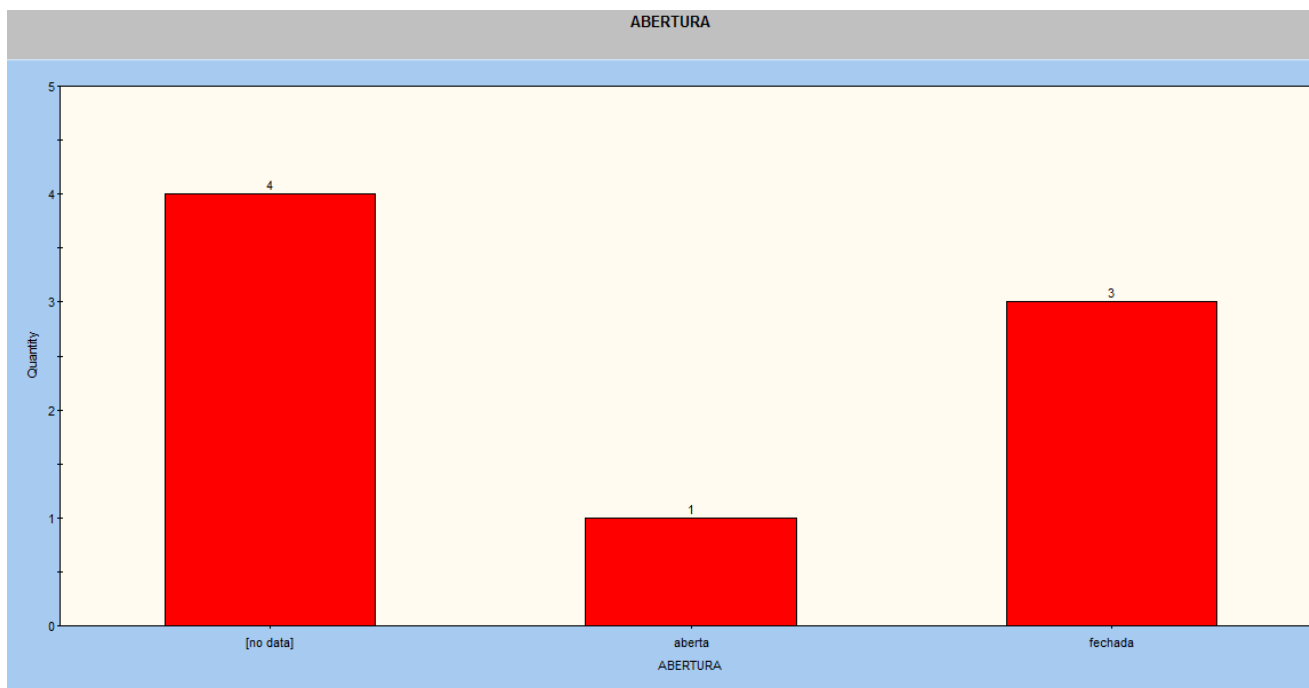


Ilustração 80 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.

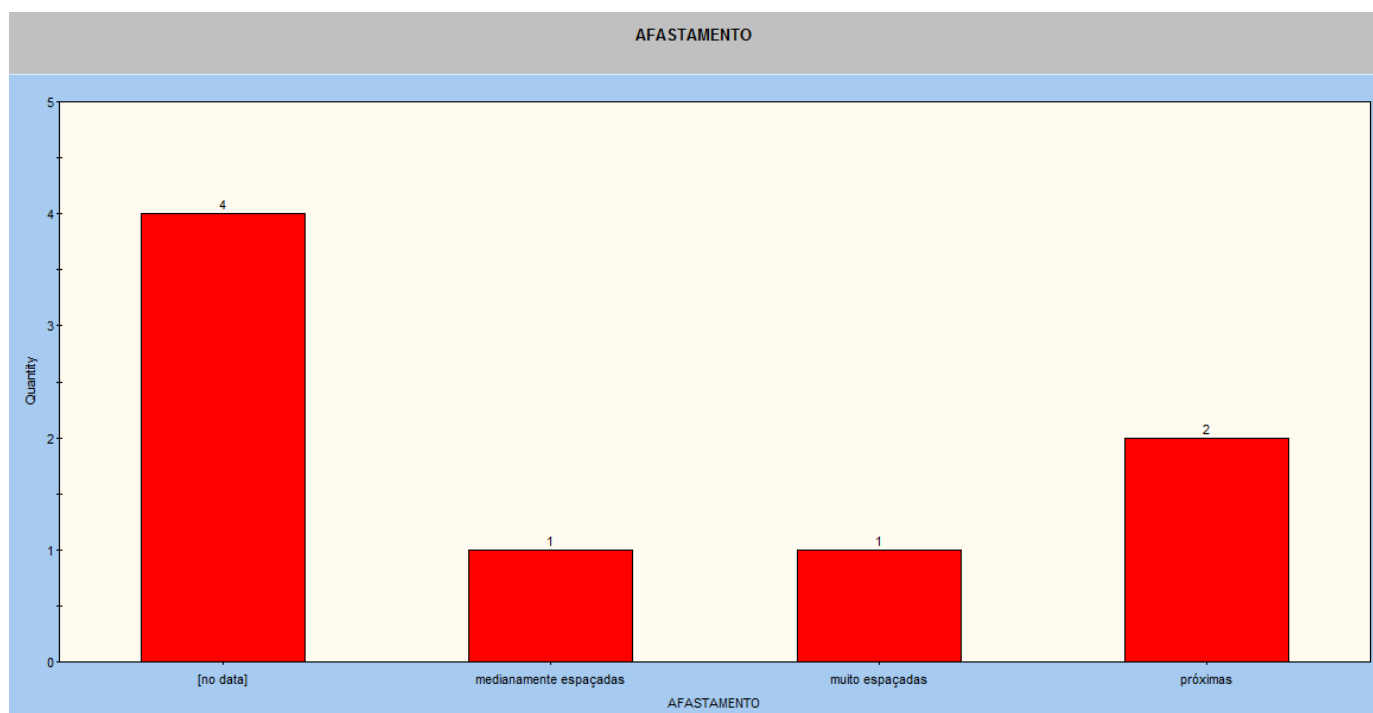


Ilustração 81 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.

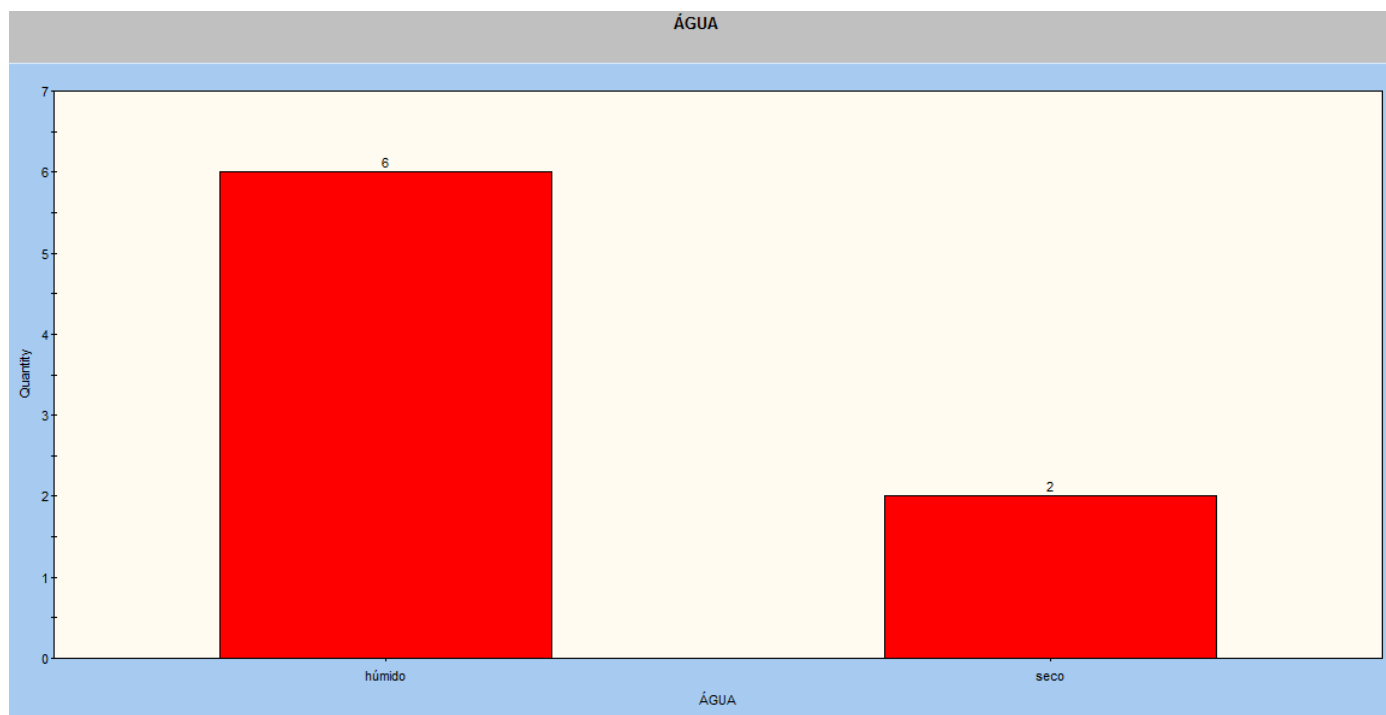


Ilustração 82 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.

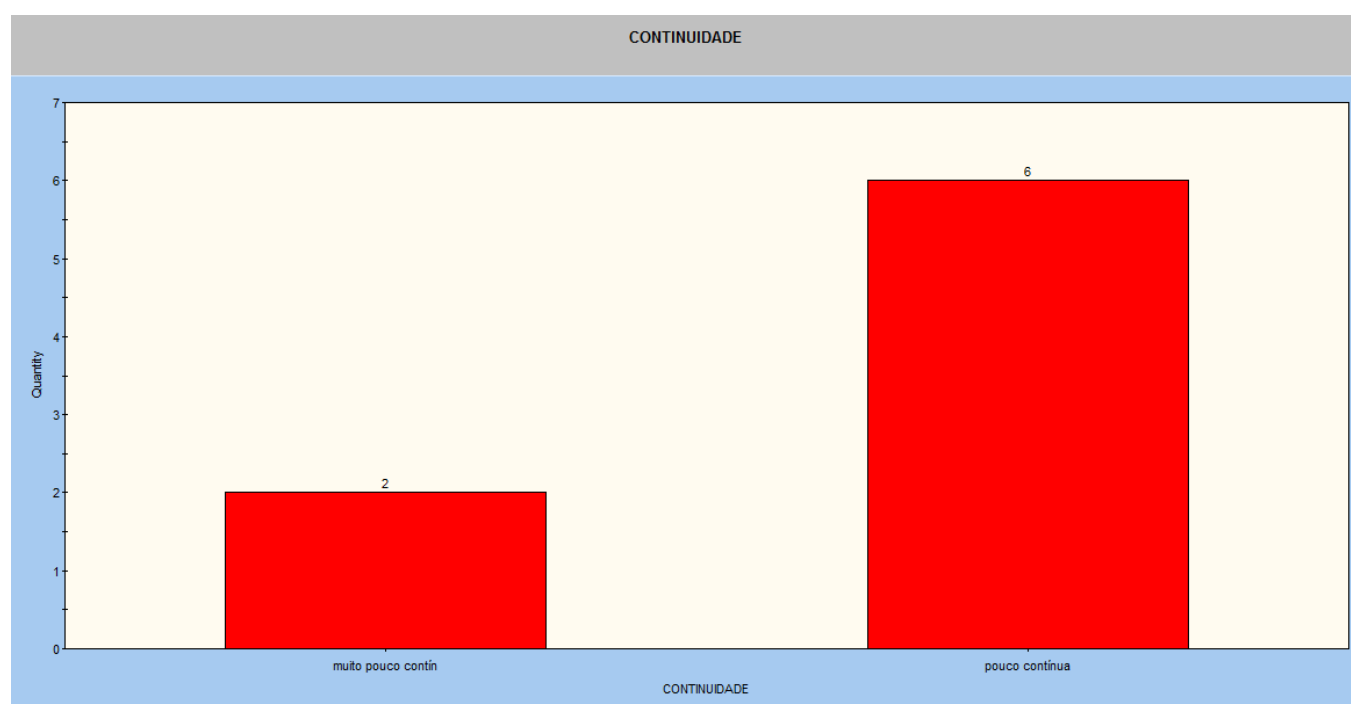


Ilustração 83 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.

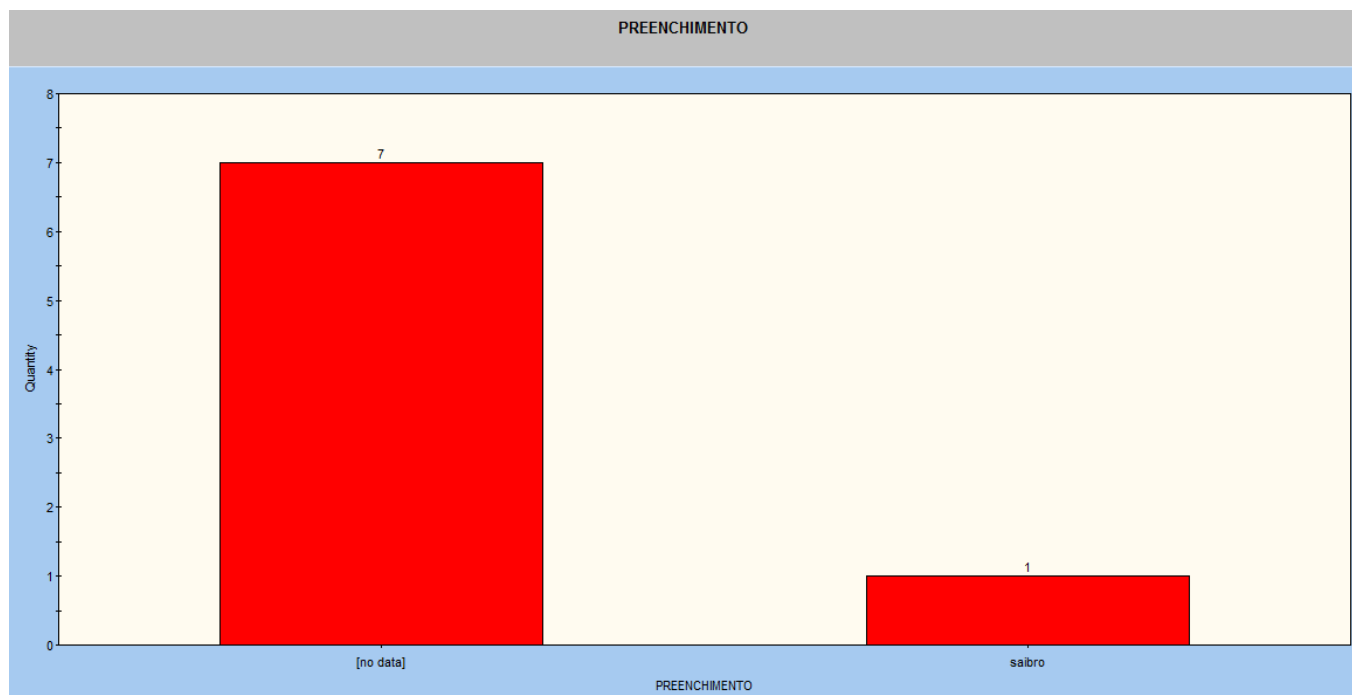


Ilustração 84 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.

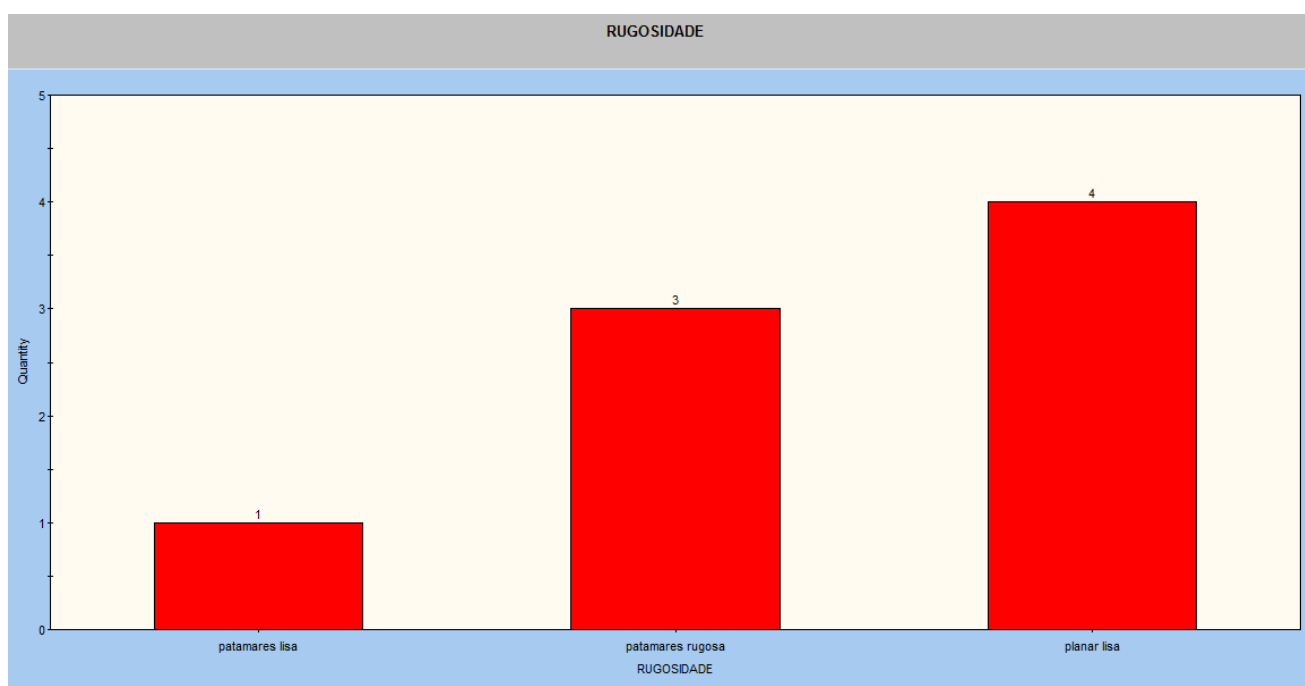


Ilustração 85 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.

Após se obter a orientação das principais famílias de diaclases, recorreu-se ao Teste de *Markland* no *Software Rockpack* para determinar as condições estruturais do talude. Como se observa na Ilustração 86, não existe probabilidade de deslizamento.

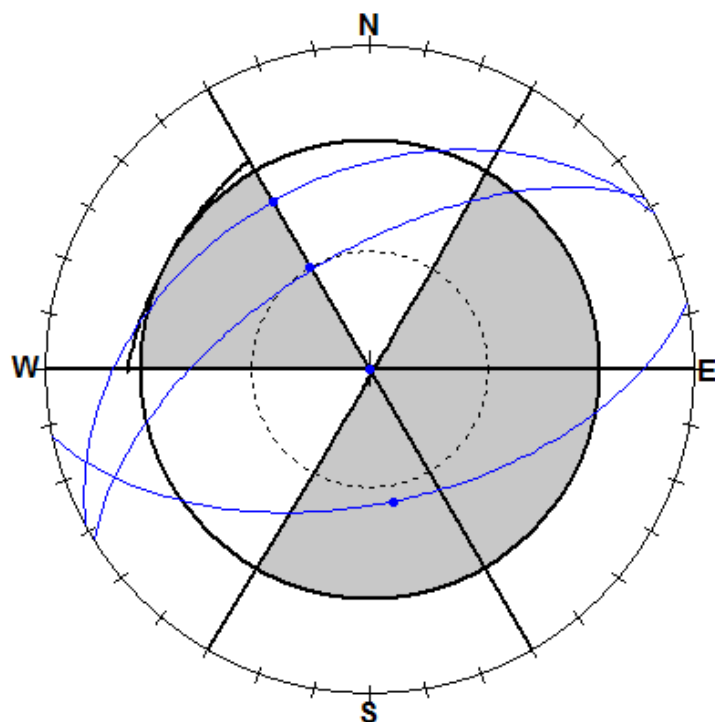


Ilustração 86 - Teste de *Markland* realizado no *Software Rockpack* para o Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.

Como se observa na Ilustração 74, este talude localiza-se bastante próximo de uma casa, fazendo mesmo parte da parede da habitação imediatamente à frente. Os resultados dos parâmetros para o cálculo do índice de vulnerabilidade encontram-se na Tabela 26:

Tabela 26 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.

| | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|---|-------------------|-----------|--------------|
| Ocupação do Talude | | | | Habitacional |
| Contexto urbanístico | | Zona Habitacional | | |
| Largura da Plataforma | | | | 1,5m |
| Distância de visibilidade | | | | |
| Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos | $\frac{2 \times 0.006}{4} \times 100$ = 0,3% | | | |

5.8 - LARGO DO COLÉGIO

Os dados que constam do índice de perigosidade e do índice de vulnerabilidade (tabela 27 e 28) foram recolhidos com base em trabalho de campo. A zona estudada deste talude corresponde à porção exposta (Ilustração 87) uma vez que, a maior parte da extensão deste talude já se encontra estabilizada com rede e pregagens.



Ilustração 87 - Talude do Largo do Colégio.

Tabela 27- Parâmetros de perigosidade do Talude do Largo do Colégio

| | | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|---|---------------------------|--|--|-------------------|
| Altura do talude | | 3m | | | |
| Inclinação | | | | | Subvertical |
| Capacidade de retenção entre a valeta e a base do talude | | | | | Nula |
| Geologia | Condições estruturais (descontinuidades) | | | Descontinuidades com orientação desfavorável | |
| | Grau de alteração | | | W ₃ | |
| | Afastamento | | | 30% F ₃ | |
| | Presença de água no talude | | Húmido | | |
| | Atrito nas descontinuidades | | | Planar (78% planar lisa) | |
| | Continuidade | 70% muito pouco contínuas | | | |
| Volume do bloco unitário | | | | | 1,5m ³ |
| Historial de ocorrências de queda | | | 1 em 10 anos (Set 1992, Nov 1983, Set 2006 com base no historial do projeto) | | |

Em relação à capacidade de retenção da valeta, esta é considerada nula, uma vez que a valeta de retenção é inexistente. Apesar de não existir valeta de retenção, foi elaborado um perfil, de modo a modelar qual a trajetória que os blocos tomariam em caso de queda de blocos, como se pode observar na Ilustração 88.

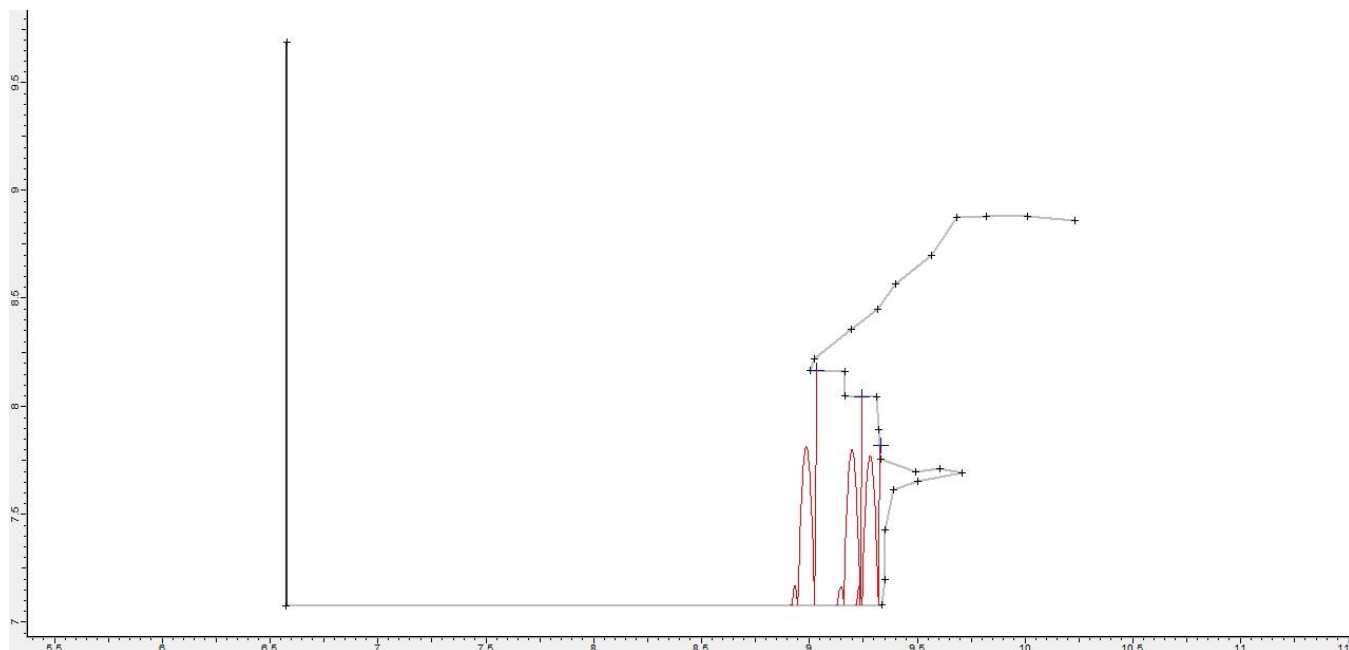


Ilustração 88 - Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude do Largo do Colégio.

De modo a avaliar os parâmetros da perigosidade relativos à geologia, foi feito um tratamento estatístico da abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade, com base em histogramas obtidos no *software DIPS*, como se observa nas Ilustrações 89 a 94.

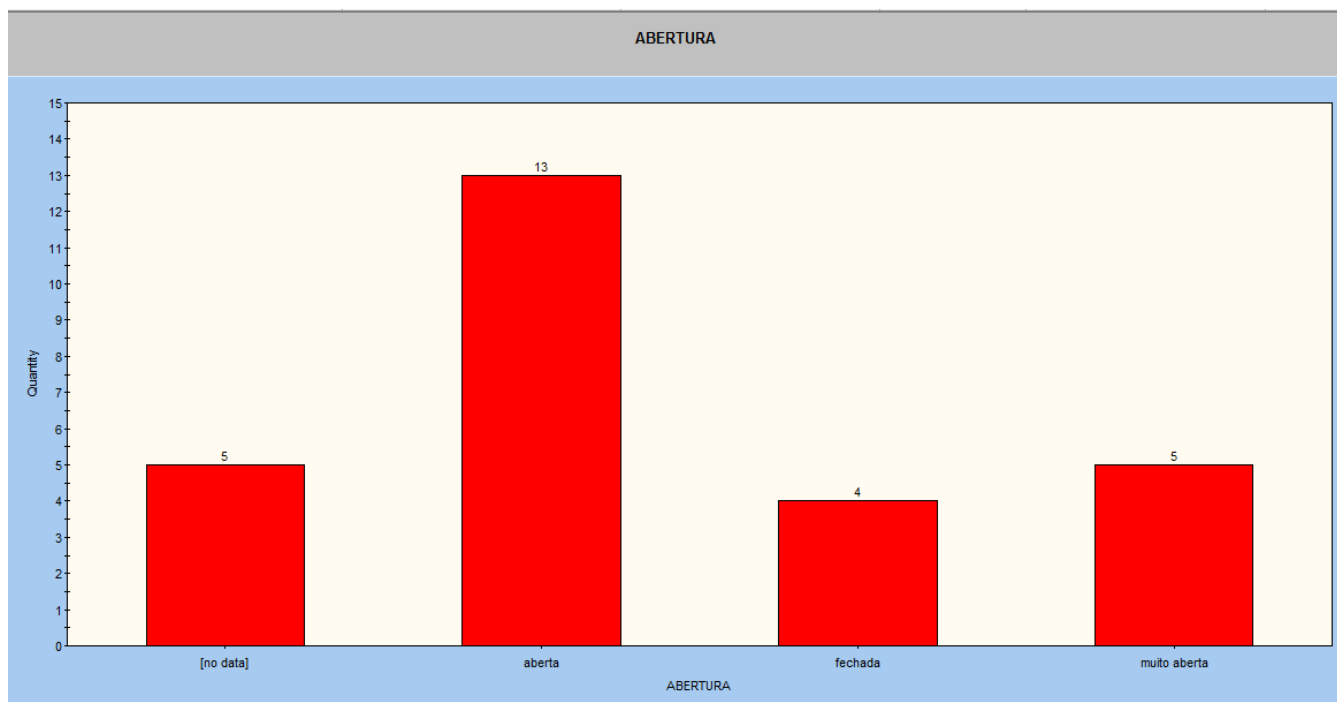


Ilustração 89 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude do Largo do Colégio.

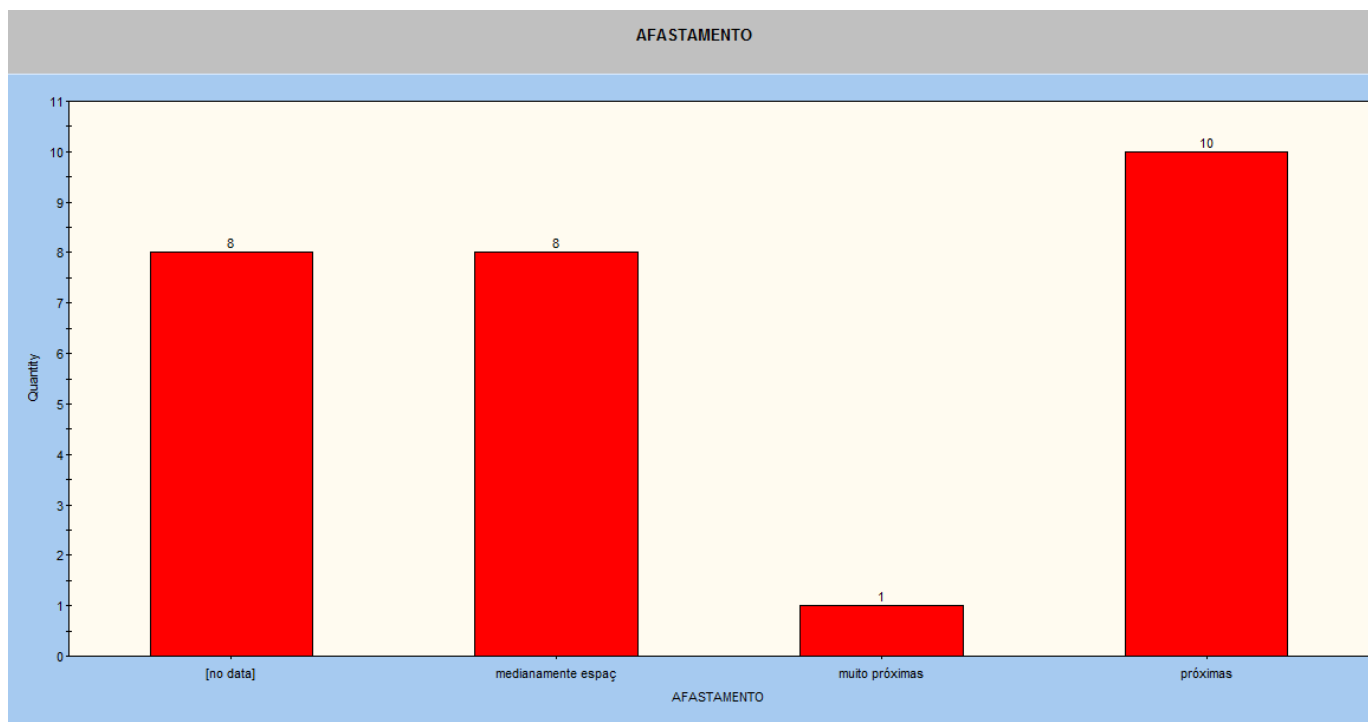


Ilustração 90 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude do Largo do Colégio.

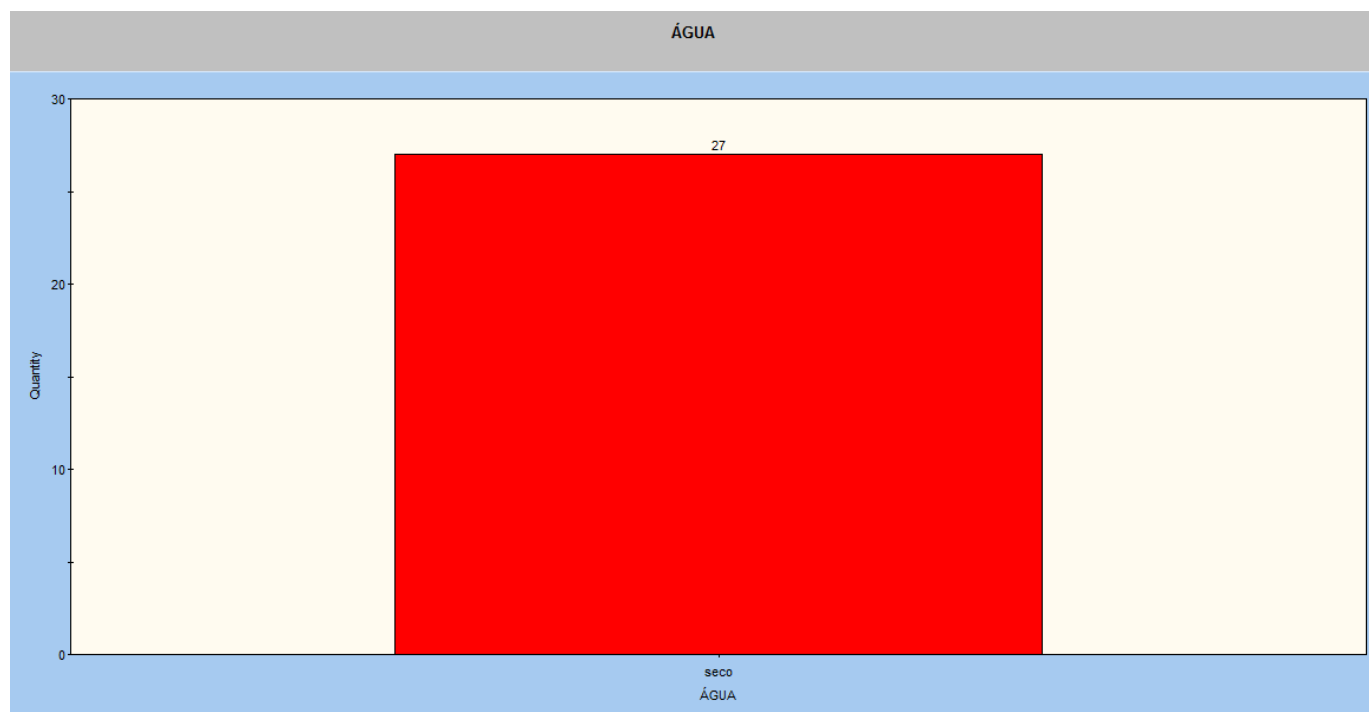


Ilustração 91 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude do Largo do Colégio.

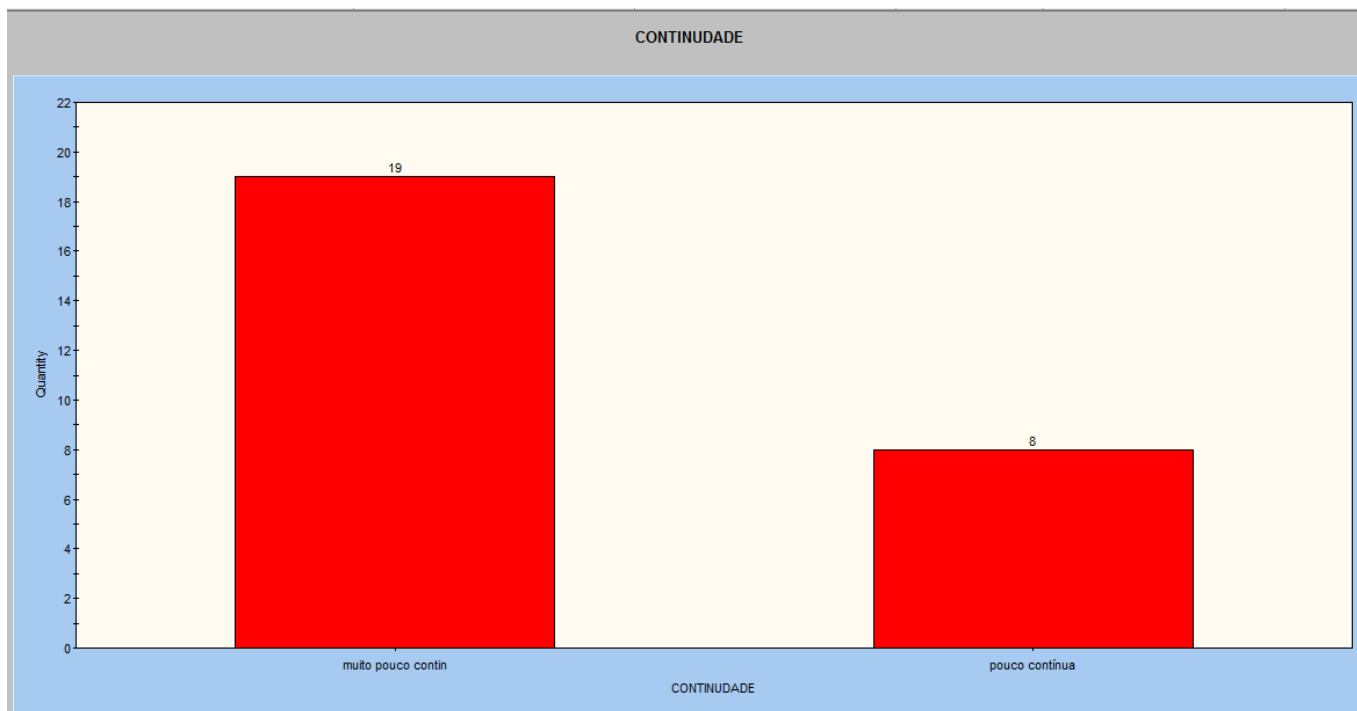


Ilustração 92 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude do Largo do Colégio.

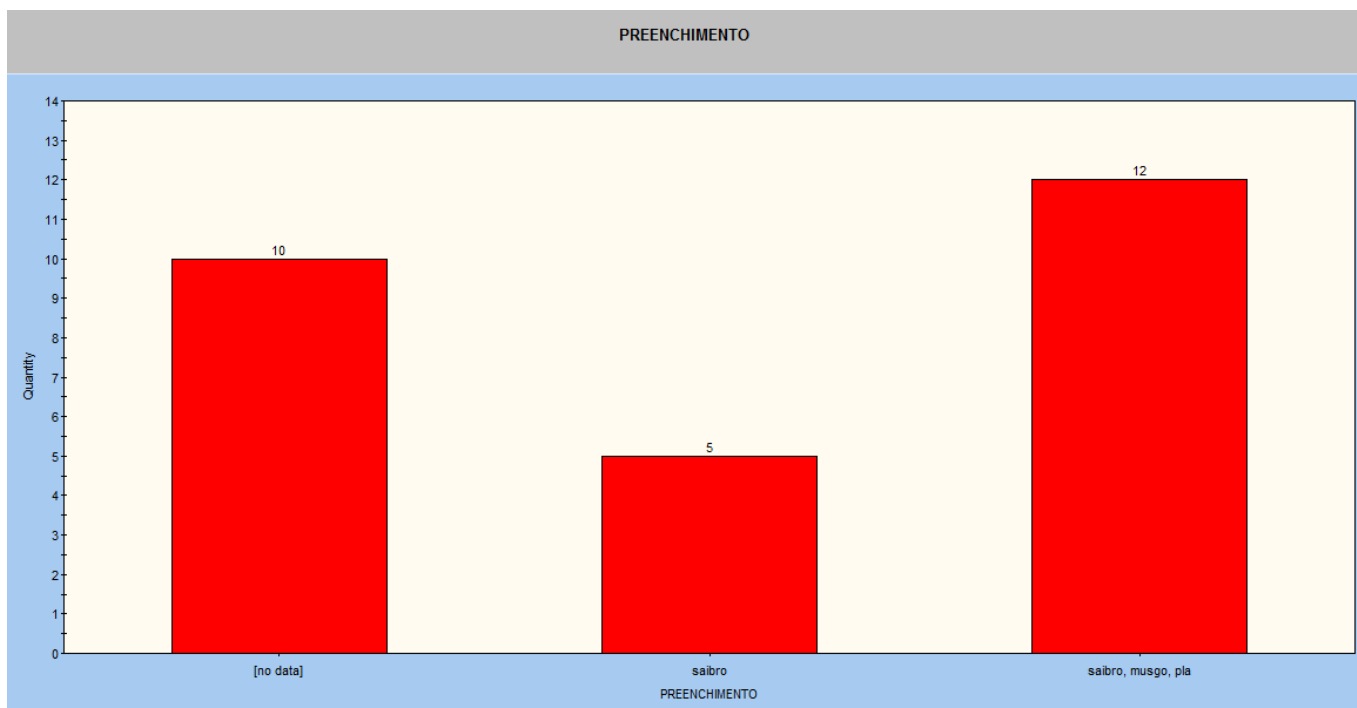


Ilustração 93 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude do Largo do Colégio.

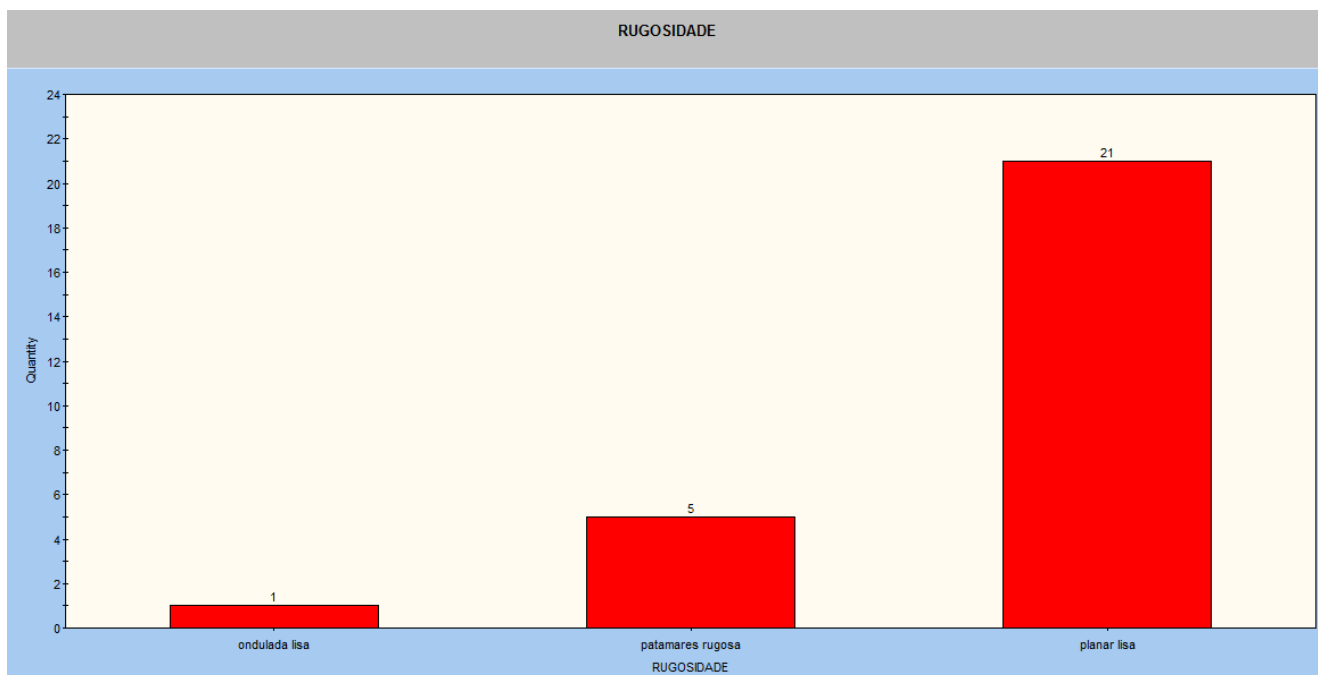


Ilustração 94 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude do Largo do Colégio.

Para avaliar as condições estruturais do talude, foi necessário determinar as orientações das principais famílias de diaclases. Para o efeito, recorreu-se à projeção de isodensidades dos polos das diaclases recolhidas no campo. As orientações das diaclases, valores de abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade obtidas no campo encontram-se no anexos.

As concentrações de polos e os respetivos planos que representam as principais famílias de diaclases obtidas no *DIPS* encontram-se nas Ilustrações 95 e 96.

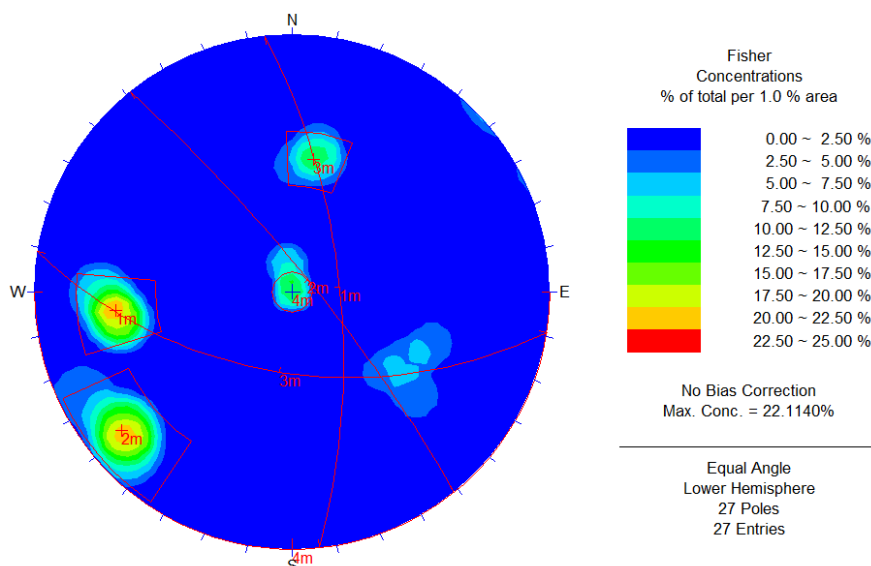


Ilustração 95 - Mapa de concentração de polos e respectivos planos obtido no *software DIPS* relativos às diaclases do Talude do Largo do Colégio.

| ID | Type | Dip | DipDir | Color | Label |
|----|----------------|-----|--------|-------|-------|
| 1 | Set (weighted) | 69 | 84 | | |
| 2 | Set (weighted) | 81 | 51 | | |
| 3 | Set (weighted) | 55 | 189 | | |
| 4 | Set (weighted) | 0 | 180 | | |

Visibility

☐ Pole ☐ ID ☐ Label

☐ Plane ☐ ID ☐ Label

☐ Daylight Envelope

Type of Planes

Weighted

Confidence and Variability

☐ Confidence ☐ Variability

☐ One standard deviation (68.27%)

☐ Two standard deviations (95.44%)

☐ Three standard deviations (99.74%)

☐ Custom 0

Delete

Apply

OK

Cancel

Ilustração 96 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no *software DIPS* relativas ao Talude do Largo do Colégio.

Após se obter a orientação das principais famílias de diaclases, recorreu-se ao Teste de *Markland* no *Software Rockpack* para determinar as condições estruturais do talude. Como se observa na Ilustração 97, existe probabilidade de deslizamento em cunha (N174;69NE e N141;81NE e N99;55SW).

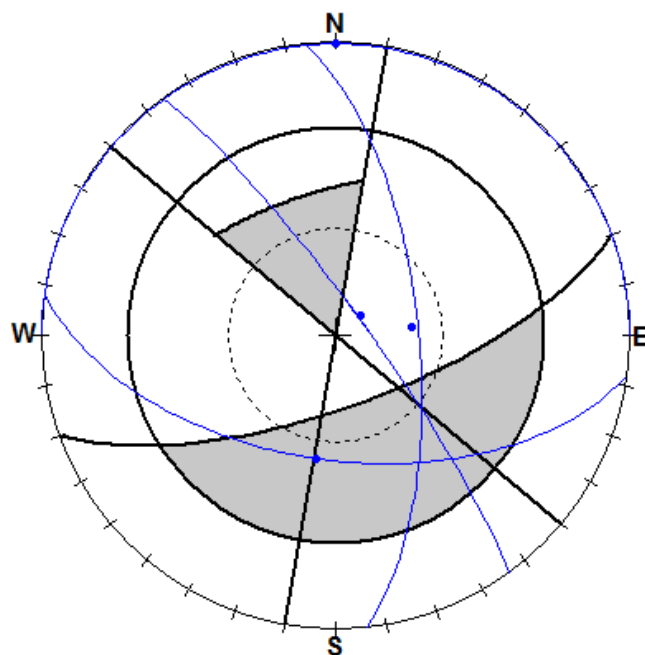


Ilustração 97 - Teste de *Markland* realizado no *Software Rockpack* para o Talude do Largo do Colégio.

Este talude insere-se numa zona de atração turística, pela sua proximidade à Sé do Porto. Os parâmetros para o cálculo do índice de vulnerabilidade encontram-se na tabela 28:

Tabela 28- Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude do Largo do Colégio.

| | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|---|----------|---------------------------|-----------|
| Ocupação do Talude | Nula | | | |
| Contexto urbanístico | | | Zona de atração turística | |
| Largura da Plataforma | | | | 2,5m |
| Distância de visibilidade | | | | |
| Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos | $\frac{139 \times 0.006}{4} \times 100$ $= 20,85\%$ | | | |

5.9 - LARGO DO COLÉGIO – CAFÉ

Trata-se de um talude de pequenas dimensões (altura máxima de 4m), localizado ao lado de um restaurante/café (Ilustração 98). Os dados que constam do índice de perigosidade e do índice de vulnerabilidade (tabela 29 e 30) foram recolhidos com base em base trabalho de campo.

Tabela 29 - Parâmetros de perigosidade do Talude do Largo do Colégio- café.

| | | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|---|---|---------------------|--------------------------|-----------------|
| Altura do talude | | 4m | | | |
| Inclinação | | | | 60° | |
| Capacidade de retenção entre a valeta e a base do talude | | | | | Nula |
| Geologia | Condições estruturais (descontinuidades) | Descontinuidades com orientação favorável | | | |
| | Grau de alteração | | | W ₃ | |
| | Afastamento | | 32% F ₄ | | |
| | Presença de água no talude | Seco | | | |
| | Atrito nas descontinuidades | | | Planar (90% planar lisa) | |
| | Continuidade | | 37% pouco contínuas | | |
| Volume do bloco unitário | | | | | 2m ³ |
| Historial de ocorrências de queda | | Desconhecido | | | |



Ilustração 98 - Talude do Largo do Colégio - café.

Em relação à capacidade de retenção da valeta, esta é considerada nula, uma vez que a valeta de retenção é inexistente. Apesar de não existir valeta de retenção, foi elaborado um perfil, de modo a modelar qual a trajetória que os blocos tomariam em caso de queda de blocos, como se pode observar nas Ilustração 99.

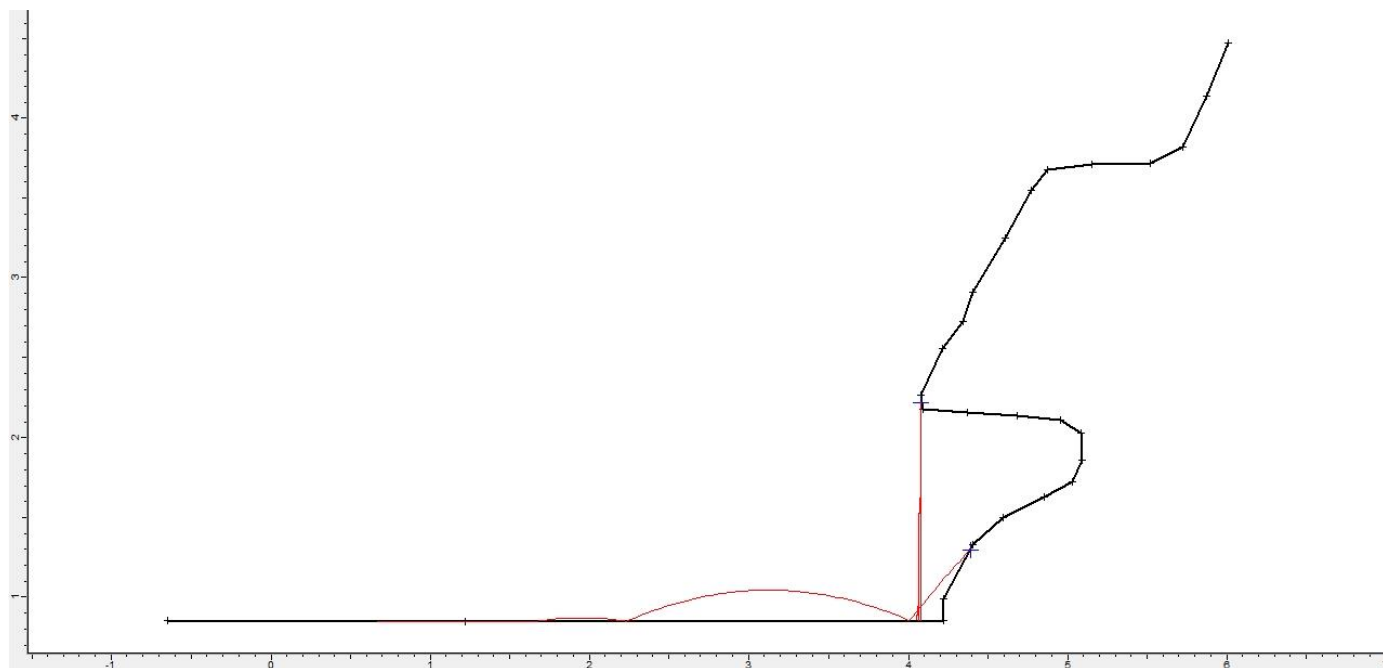


Ilustração 99 - Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude do Largo do Colégio - café.

De modo a avaliar os parâmetros da perigosidade relativos à geologia, foi feito um tratamento estatístico da abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade, com base em histogramas obtidos no *software DIPS*, como se observa nas Ilustrações 100 a 105.

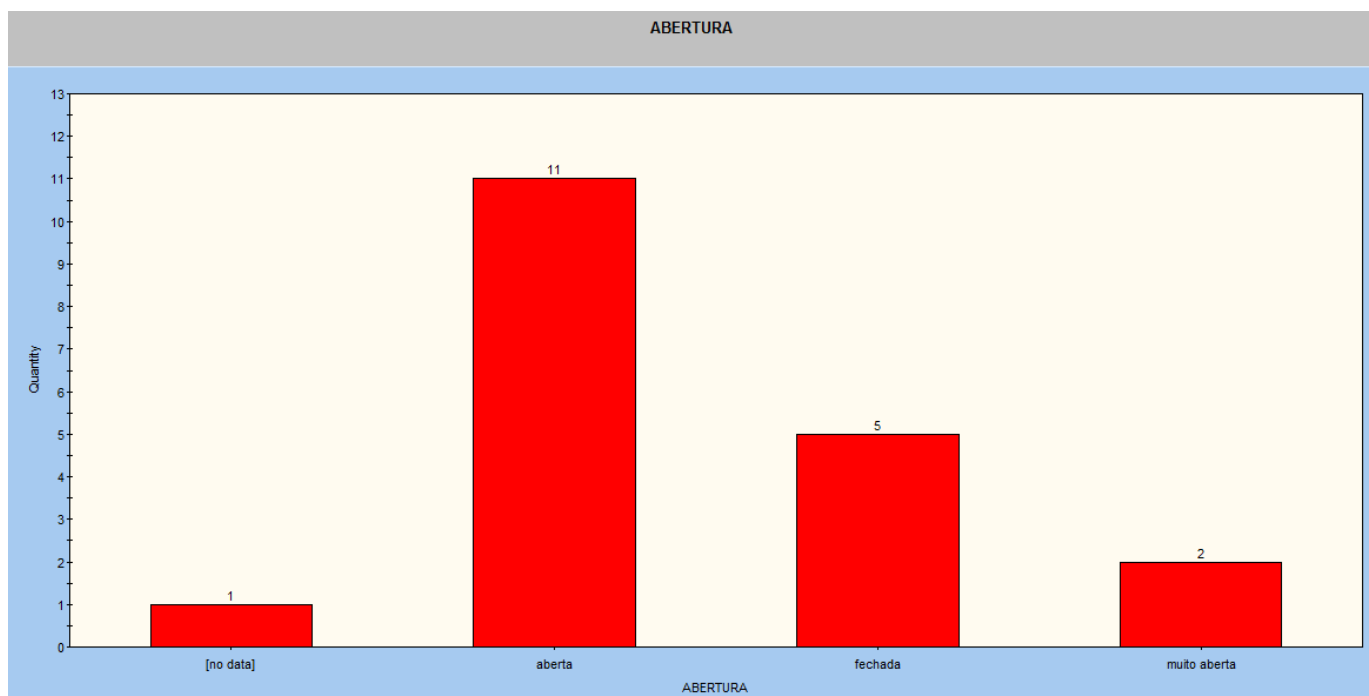


Ilustração 100 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude do Largo do Colégio - café.

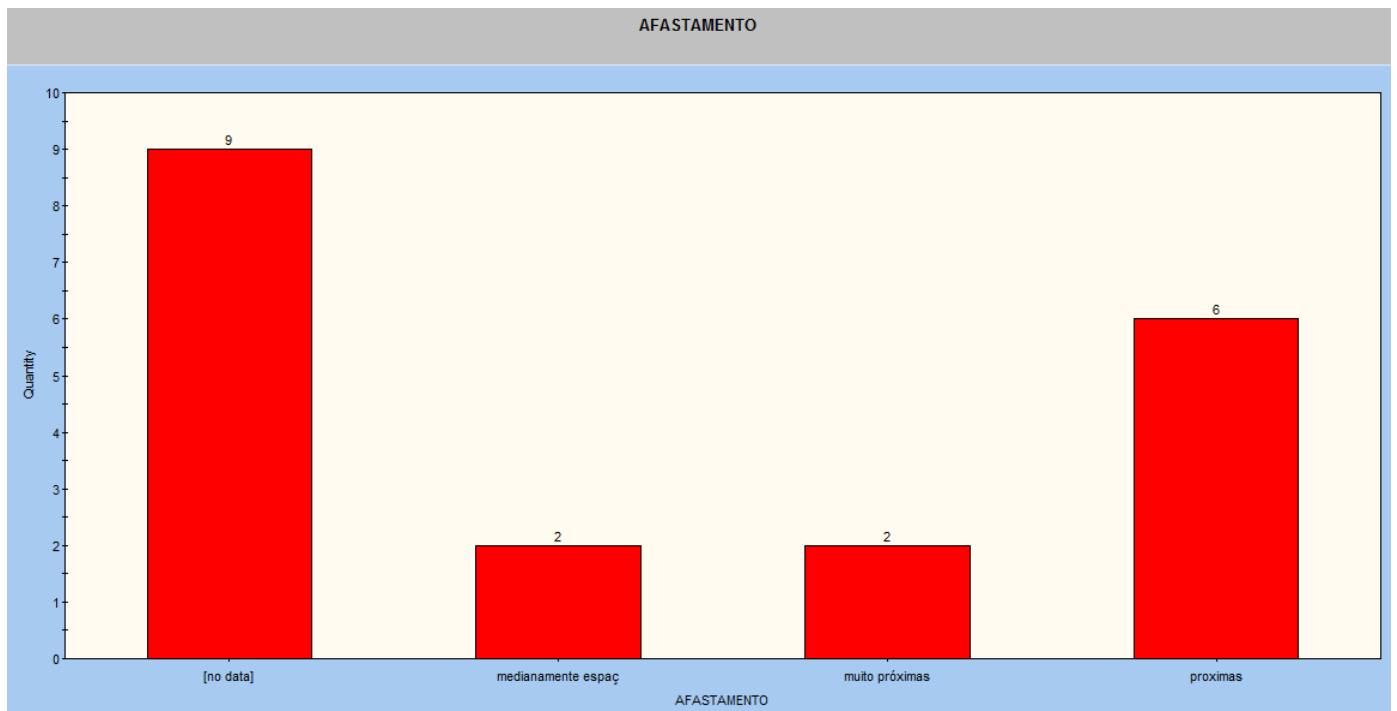


Ilustração 101 - Histograma obtido no *software* DIPS que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude do Largo do Colégio - café.

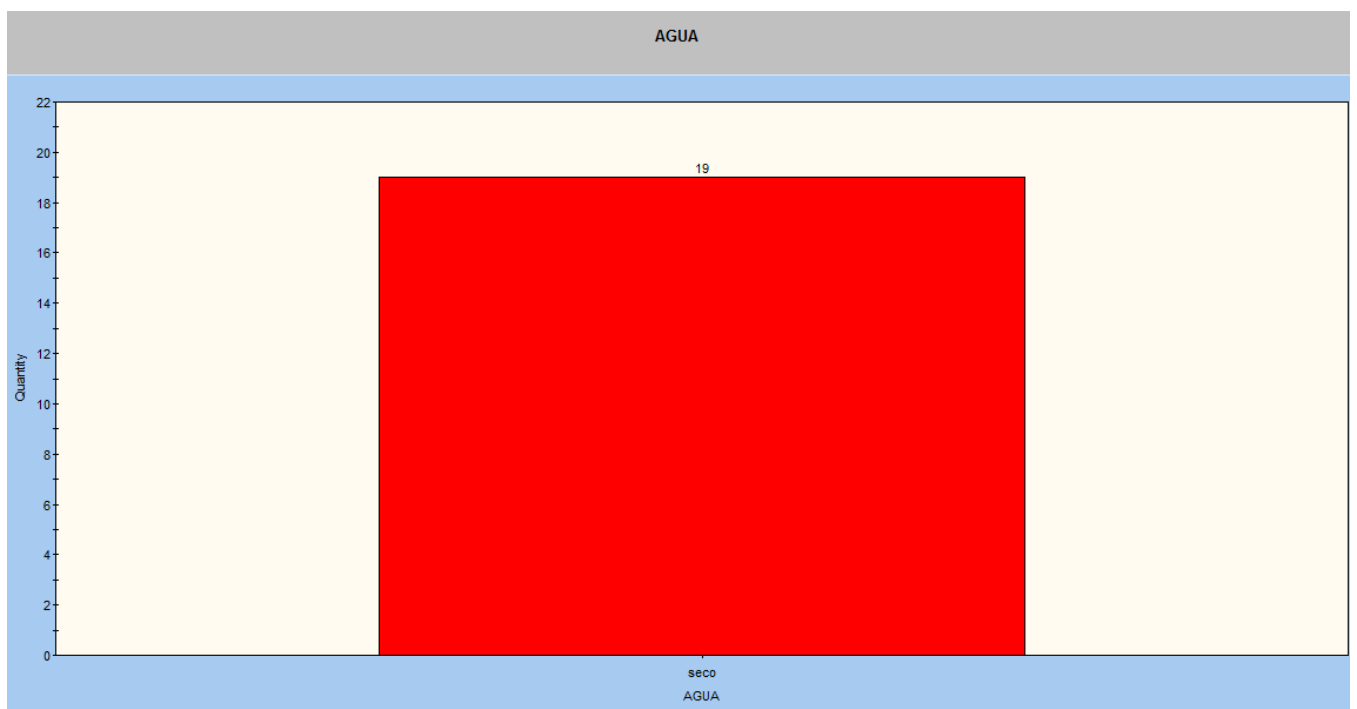


Ilustração 102 - Histograma obtido no *software* DIPS que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude do Largo do Colégio - café.

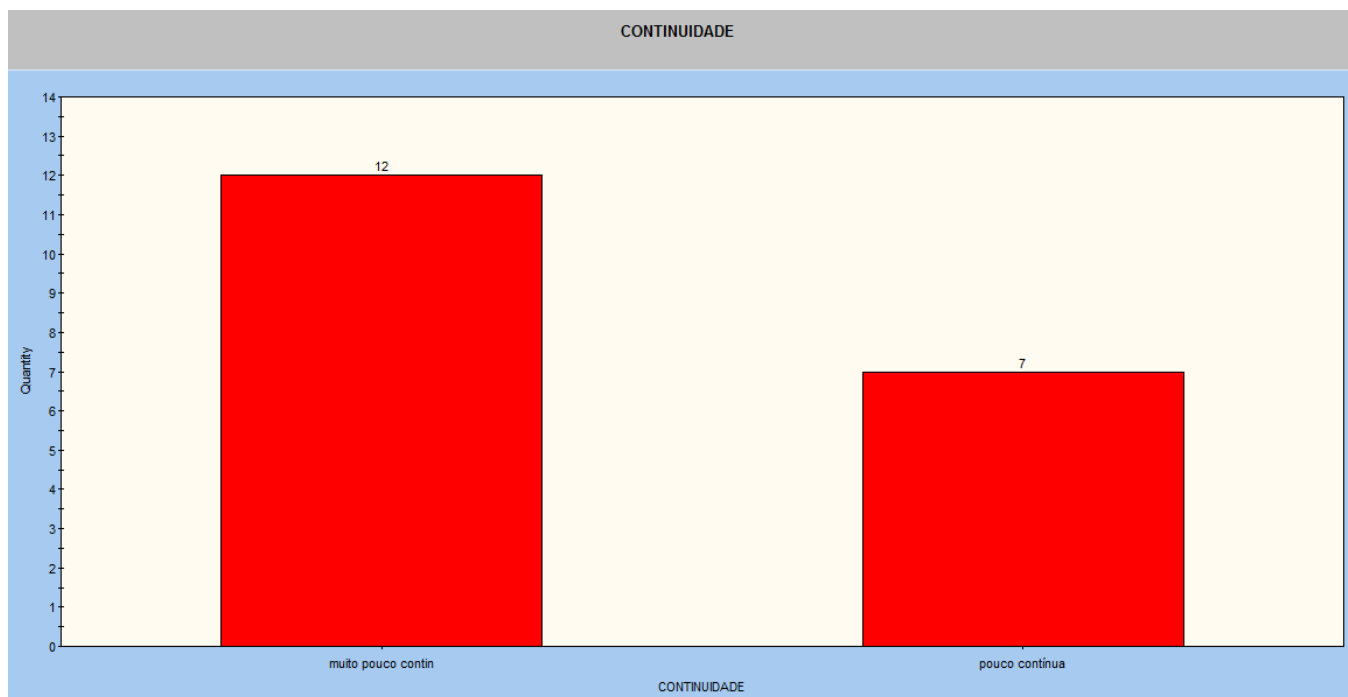


Ilustração 103 - Histograma obtido no software DIPS que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude do Largo do Colégio - café.

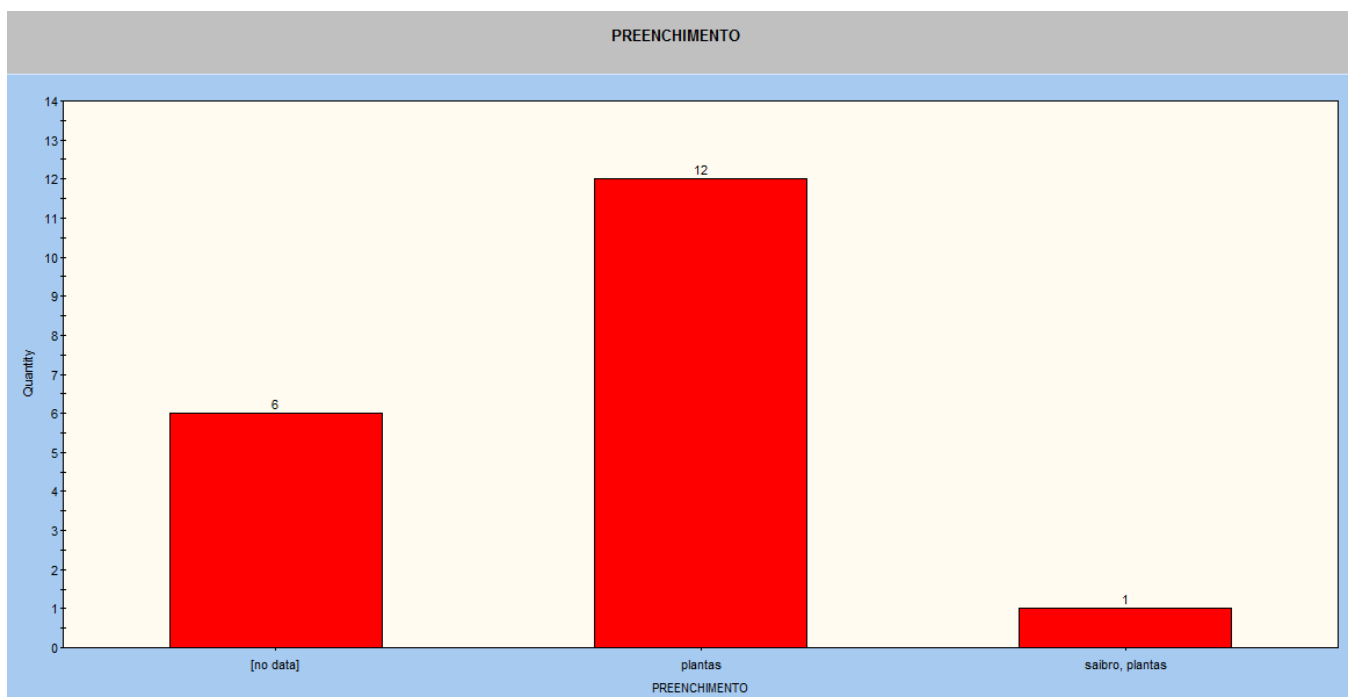


Ilustração 104 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude do Largo do Colégio - café.

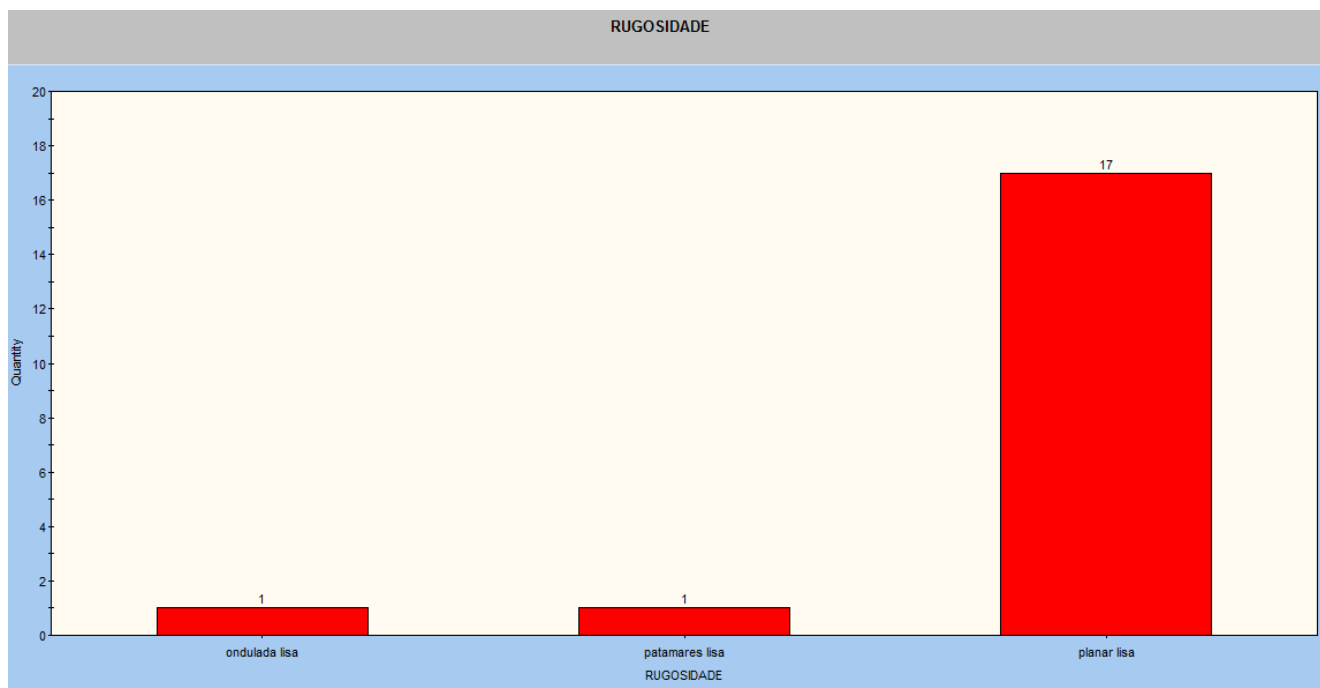


Ilustração 105 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude do Largo do Colégio – café.

Para avaliar as condições estruturais do talude, foi necessário determinar as orientações das principais famílias de diaclases. Para o efeito, recorreu-se à projeção de isodensidades dos polos das diaclases recolhidas no campo. As orientações das diaclases, valores de abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade obtidas no campo encontram-se no anexo.

As concentrações de polos e os respetivos planos que representam as principais famílias de diaclases obtidas no *DIPS* encontram-se nas Ilustrações 106 e 107.

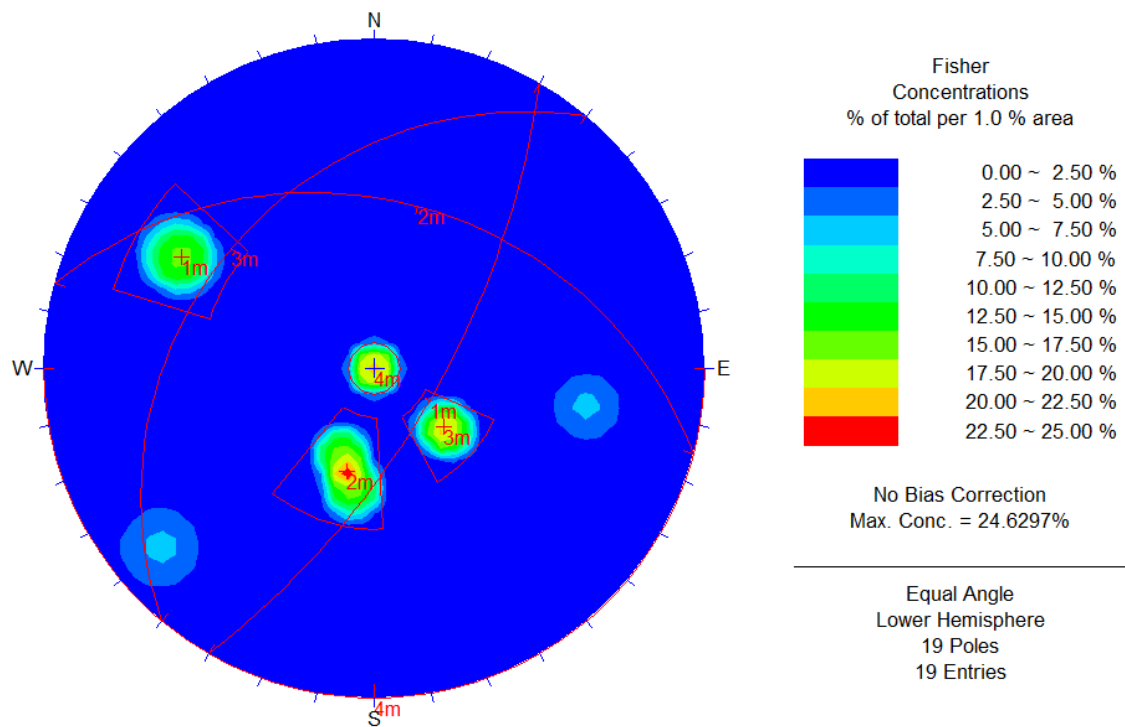


Ilustração 106 - Mapa de concentração de polos e respectivos planos obtido no *software DIPS* relativos às diaclases do Talude do Largo do Colégio - café.

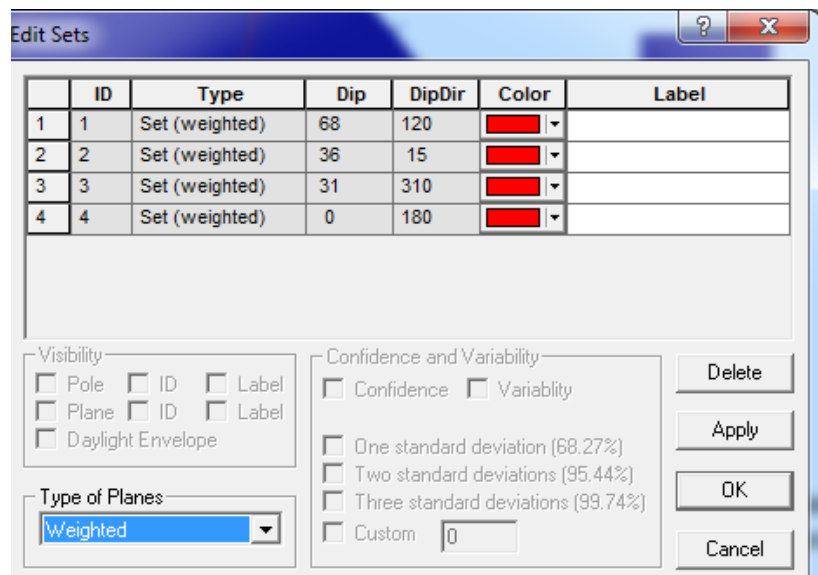


Ilustração 107 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no *software DIPS* relativas ao Talude do Largo do Colégio - café.

Após se obter a orientação das principais famílias de diaclases, recorreu-se ao Teste de *Markland* no *Software Rockpack* para determinar as condições estruturais do talude. Como se observa na Ilustração 108, não existe probabilidade de deslizamento.

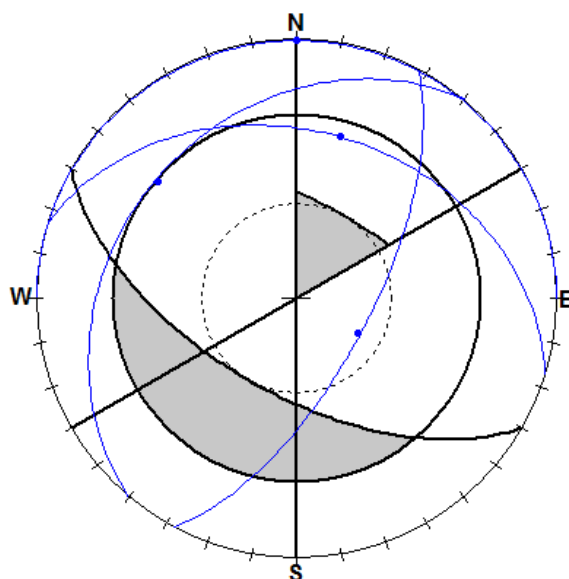


Ilustração 108 - Teste de *Markland* realizado no *Software Rockpack* para o Talude do Largo do Colégio - café.

À semelhança do caso anterior, este talude insere-se numa zona de atração turística, mas uma vez que, se localiza bastante próximo de um café/restaurante, são-lhe atribuídos 81 pontos no parâmetro do contexto urbanístico. Os parâmetros para o cálculo do índice de vulnerabilidade encontram-se na tabela 30:

Tabela 30 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude do Largo do Colégio - café.

| | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|--|----------|-----------|--------------------------------|
| Ocupação do Talude | Nula | | | |
| Contexto urbanístico | | | | Próximo de um restaurante/café |
| Largura da Plataforma | | | | 2m |
| Distância de visibilidade | | | | |
| Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos | $\frac{11 \times 0.003}{4} \times 100 = 0,8\%$ | | | |

5.10 - RUA DA SENHORA DAS VERDADES

Diz respeito a um talude não muito alto (5m) mas bastante extenso (13m), subvertical e com blocos de tamanhos muito variados como se pode observar nas Ilustrações 109 e 110.

Os dados que constam do índice de perigosidade e do índice de vulnerabilidade (tabelas 31 e 32) foram recolhidos com base em trabalho de campo.



Ilustração 109 - Talude da Rua da Senhora das Verdades.



Ilustração 110 - Talude da Rua da Senhora das Verdades, vista de pormenor.

Tabela 31 - Parâmetros de perigosidade do Talude da Rua da Senhora das Verdades

| | | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|---|------------------------------|---------------------|--------------------|--|
| Altura do talude | | 5m | | | |
| Inclinação | | | | | subvertical |
| Capacidade de retenção entre a valeta e a base do talude | | | | | Nula |
| Geologia | Condições estruturais (descontinuidades) | | | | Descontinuidades muito contínuas (>3m) com orientação desfavorável |
| | Grau de alteração | | | W ₃ | |
| | Afastamento | | | 40% F ₃ | |
| | Presença de água no talude | | | | Fluído |
| | Atrito nas descontinuidades | Rugoso (50% ondulada rugosa) | | | |
| | Continuidade | | 56% pouco contínuas | | |
| Volume do bloco unitário | | | | | 2m ³ |
| Historial de ocorrências de queda | | Desconhecido | | | |

Em relação à capacidade de retenção da valeta, esta é considerada nula, uma vez que a valeta de retenção é inexistente. Apesar de não existir valeta de retenção, foram elaborados dois perfis, de modo a modelar qual a trajetória que os blocos tomariam em caso de queda de blocos, como se pode observar nas Ilustrações 111 e 112.

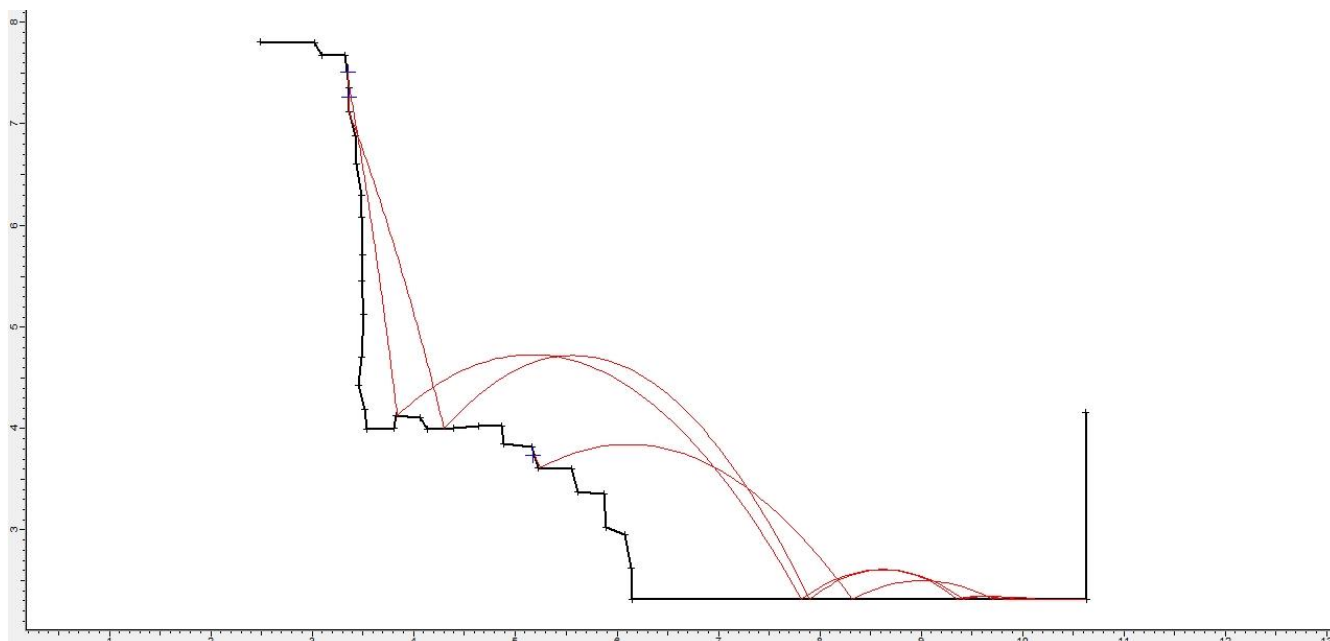


Ilustração 111- Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Senhora das Verdades.

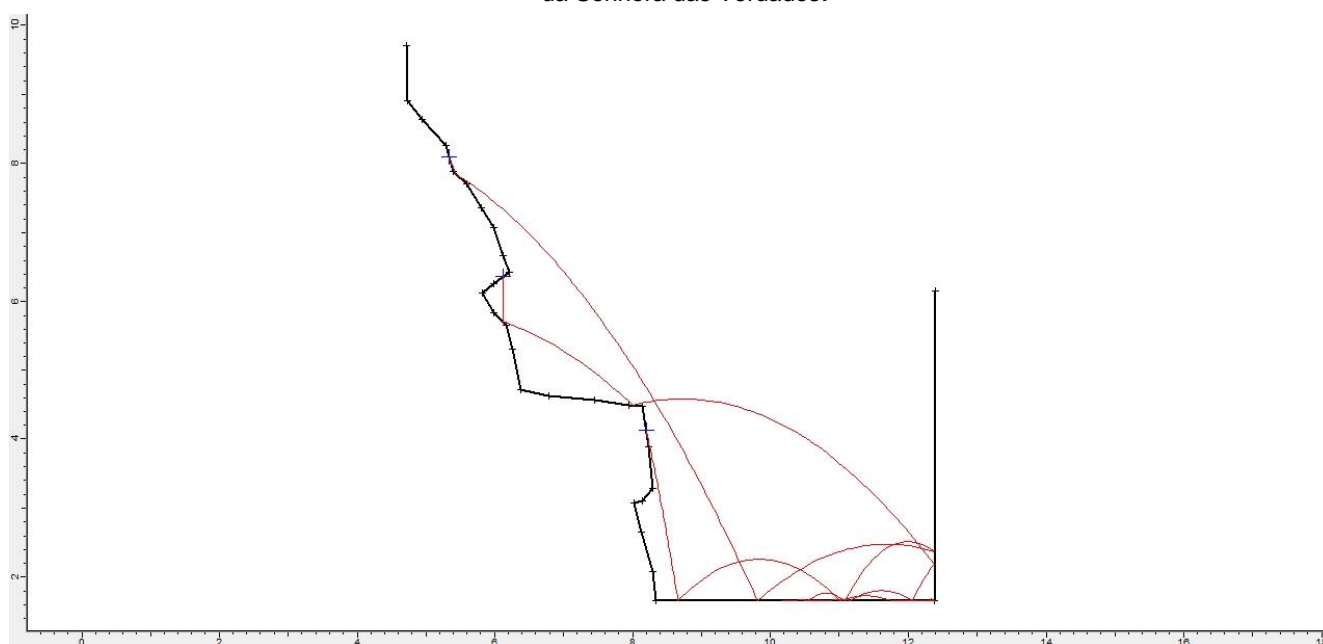


Ilustração 112 - Perfil tipo, elaborado no *Software Rocfall* que modela a queda de blocos do Talude da Rua da Senhora das Verdades.

Para avaliar as condições estruturais do talude, foi necessário determinar as orientações das principais famílias de diaclases. Para o efeito, recorreu-se à projeção de isodensidades dos polos das diaclases recolhidas no campo. As orientações das diaclases, valores de abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade obtidas no campo encontram-se em anexo.

As concentrações de polos e os respectivos planos que representam as principais famílias de diaclases obtidas no *DIPS* encontram-se nas Ilustrações 113 e 114.

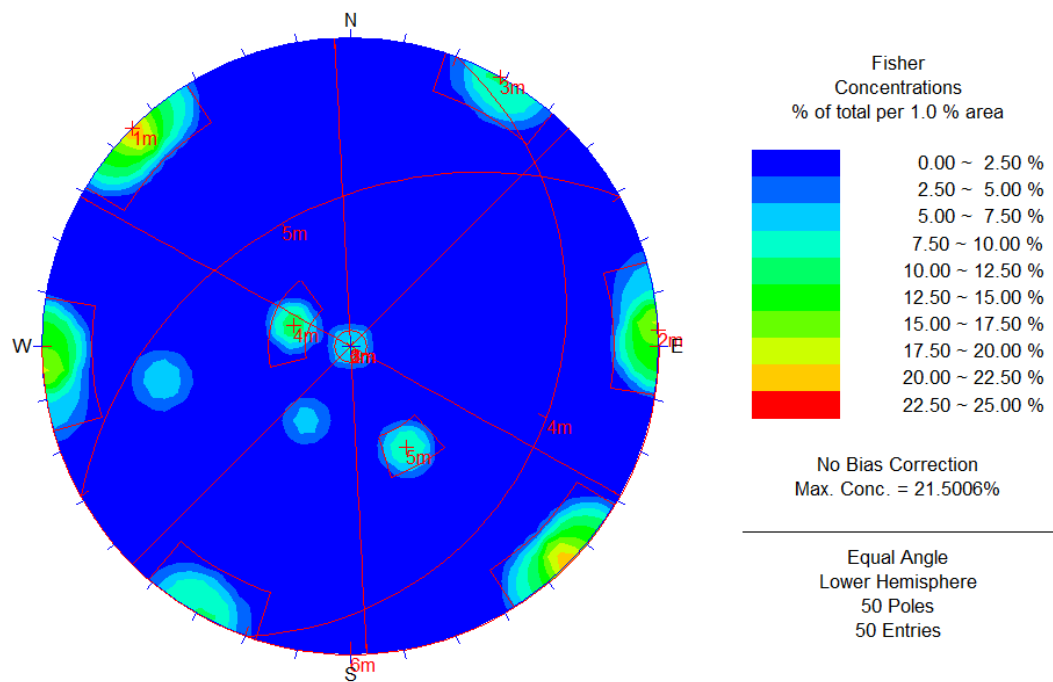


Ilustração 113 - Mapa de concentração de polos e respectivos planos obtido no *software DIPS* relativos às diaclases do Talude da Rua da Senhora das Verdades.

| Edit Sets | | | | | | |
|-----------|----|----------------|-----|--------|-------------|-------|
| | ID | Type | Dip | DipDir | Color | Label |
| 1 | 1 | Set (weighted) | 90 | 135 | <div></div> | |
| 2 | 2 | Set (weighted) | 90 | 267 | <div></div> | |
| 3 | 3 | Set (weighted) | 90 | 209 | <div></div> | |
| 4 | 4 | Set (weighted) | 22 | 110 | <div></div> | |
| 5 | 5 | Set (weighted) | 41 | 331 | <div></div> | |
| 6 | 6 | Set (weighted) | 0 | 180 | <div></div> | |

Visibility

☐ Pole
☐ ID
☐ Label

☐ Plane
☐ ID
☐ Label

☐ Daylight Envelope

Type of Planes

Weighted

Confidence and Variability

☐ Confidence
☐ Variability

☐ One standard deviation (68.27%)
☐ Two standard deviations (95.44%)
☐ Three standard deviations (99.74%)
☐ Custom

0

Delete

Apply

OK

Cancel

Ilustração 114 - Orientação das principais famílias de diaclasamento obtidas no *software DIPS* relativas ao Talude da Rua da Senhora das Verdades.

De modo a avaliar os parâmetros da perigosidade relativos à geologia, foi feito um tratamento estatístico da abertura, afastamento, presença de água, continuidade, preenchimento e rugosidade, com base em histogramas obtidos no *software DIPS*, como se observa nas Ilustrações 115 a 120.

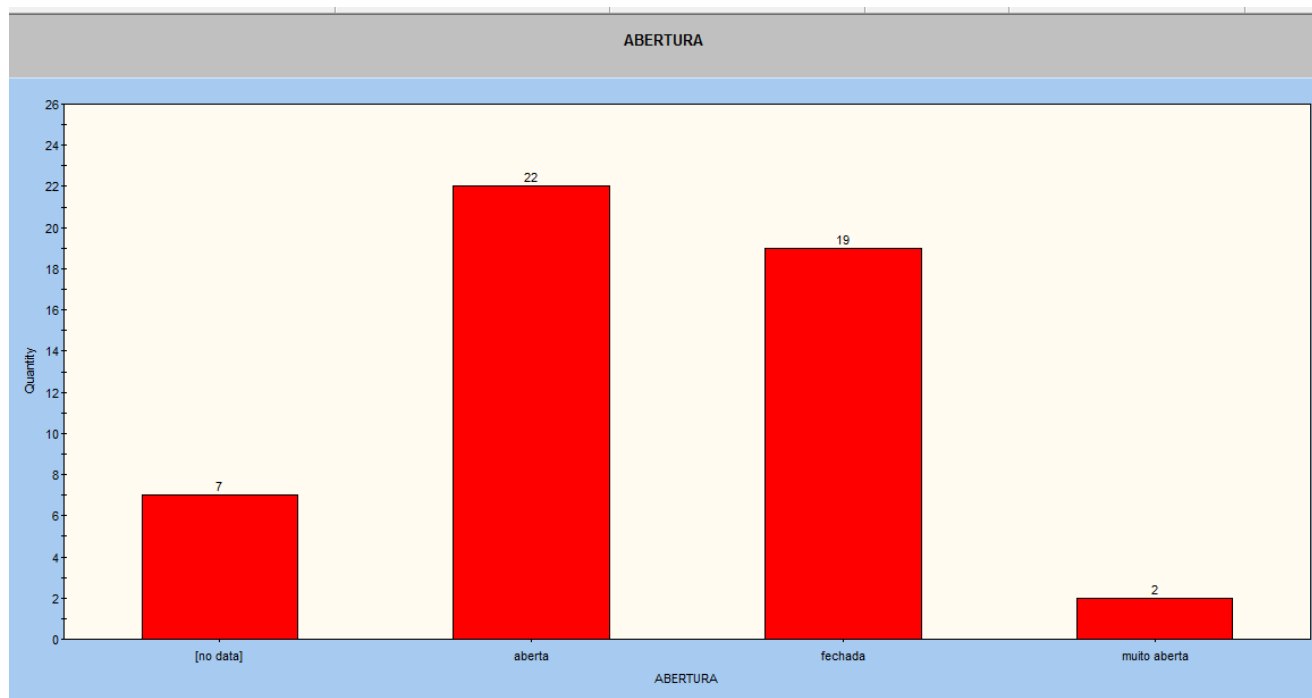


Ilustração 115 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição de valores relativos à abertura das diaclases do Talude da Rua da Senhora das Verdades.

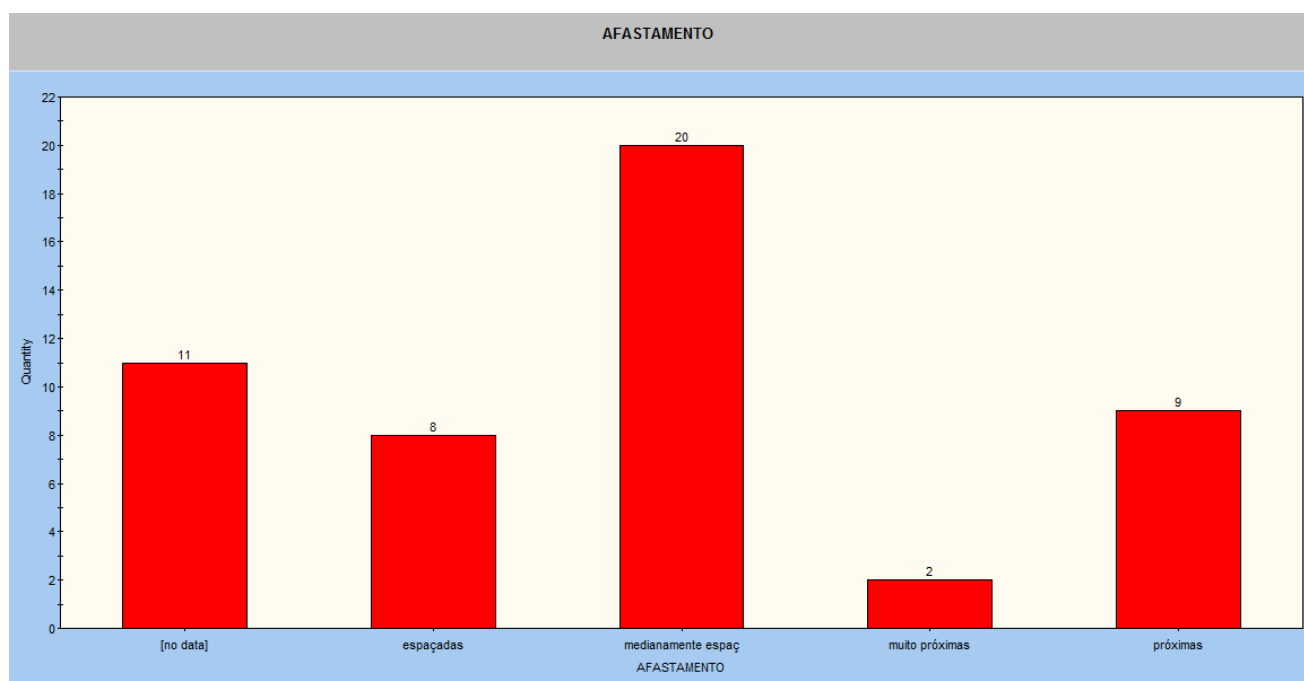


Ilustração 116 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição de valores relativos ao afastamento das diaclases do Talude da Rua da Senhora das Verdades.

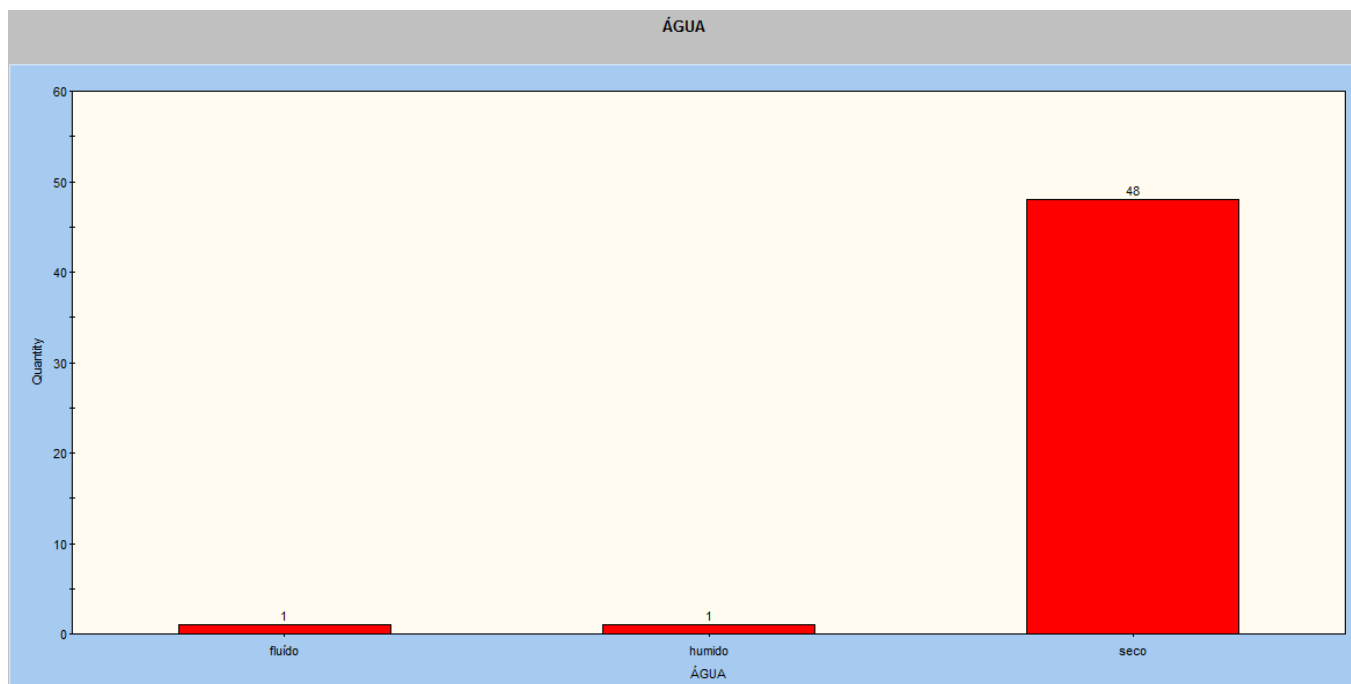


Ilustração 117 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos resultados relativos à presença de água nas diaclases do Talude da Rua da Senhora das Verdades.

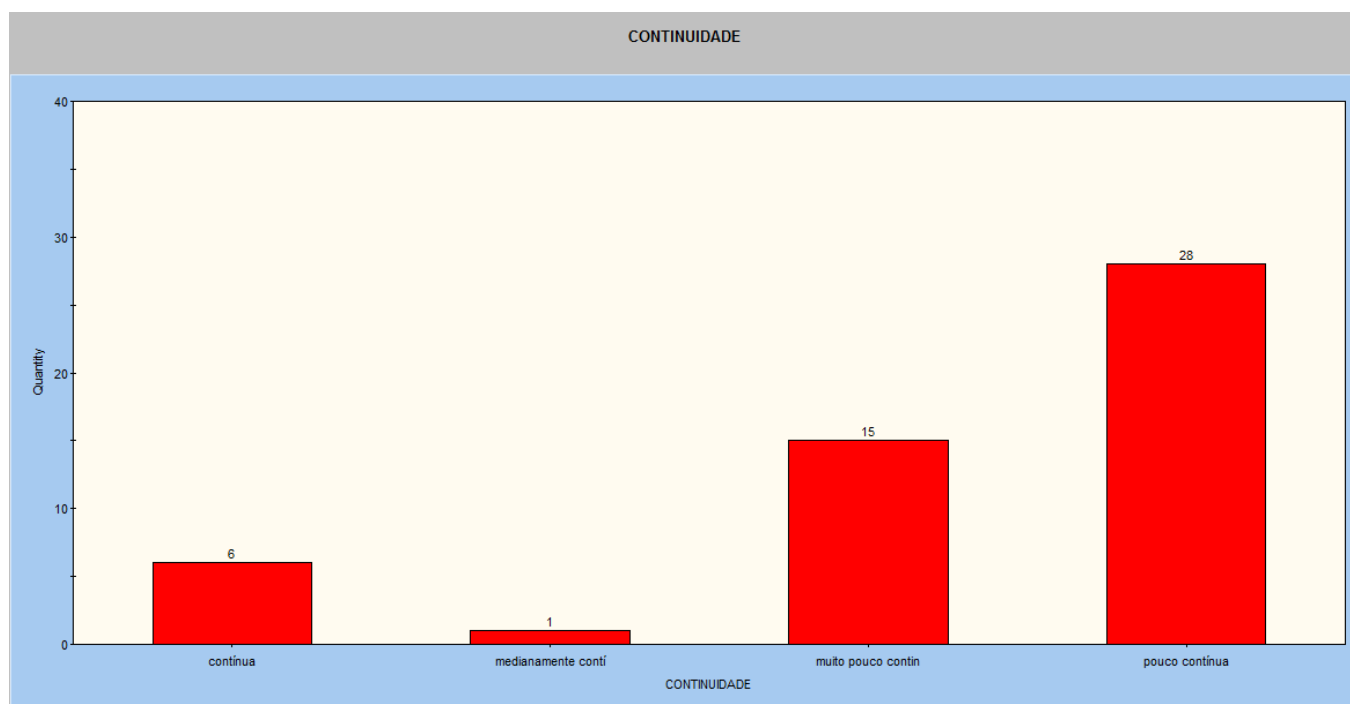


Ilustração 118 - Histograma obtido no *software DIPS* que representa a distribuição dos valores relativos à continuidade das diaclases do Talude da Rua da Senhora das Verdades.

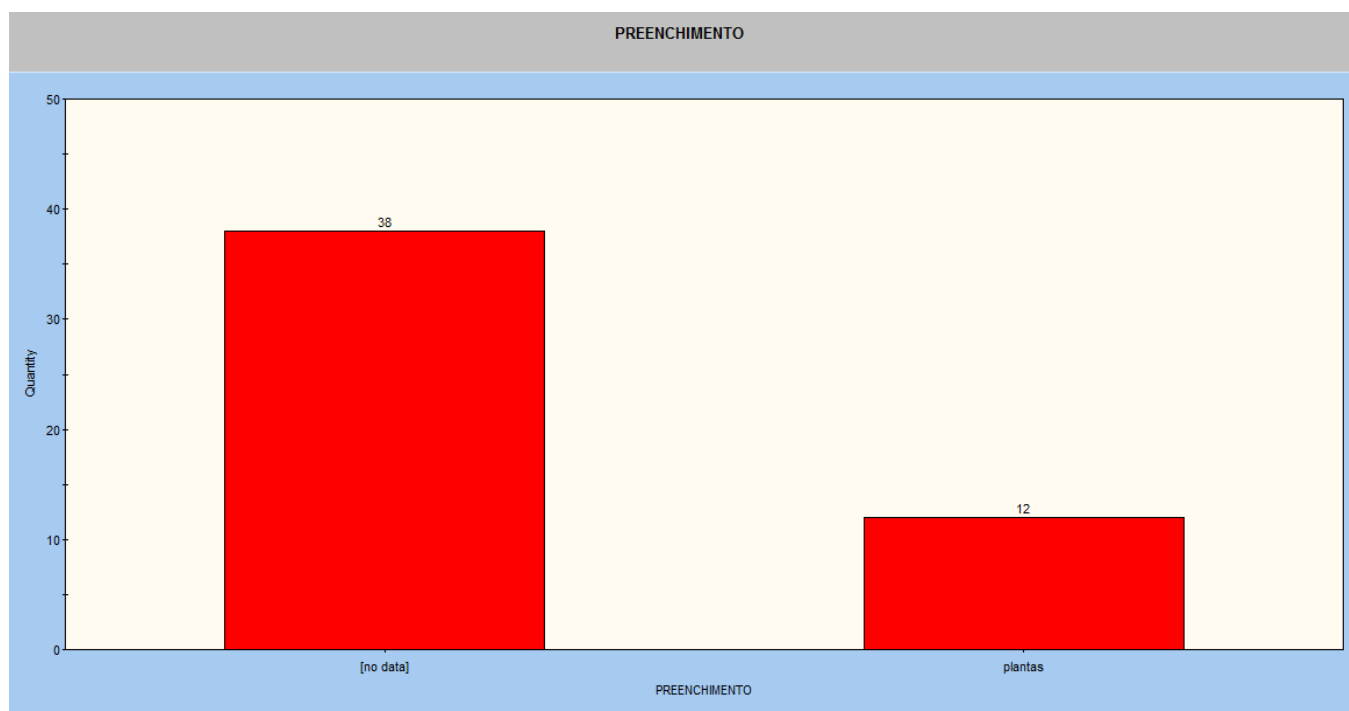


Ilustração 119 - Histograma obtido no software DIPS que representa a distribuição dos resultados relativos ao preenchimento das diaclases do Talude da Rua da Senhora das Verdades.

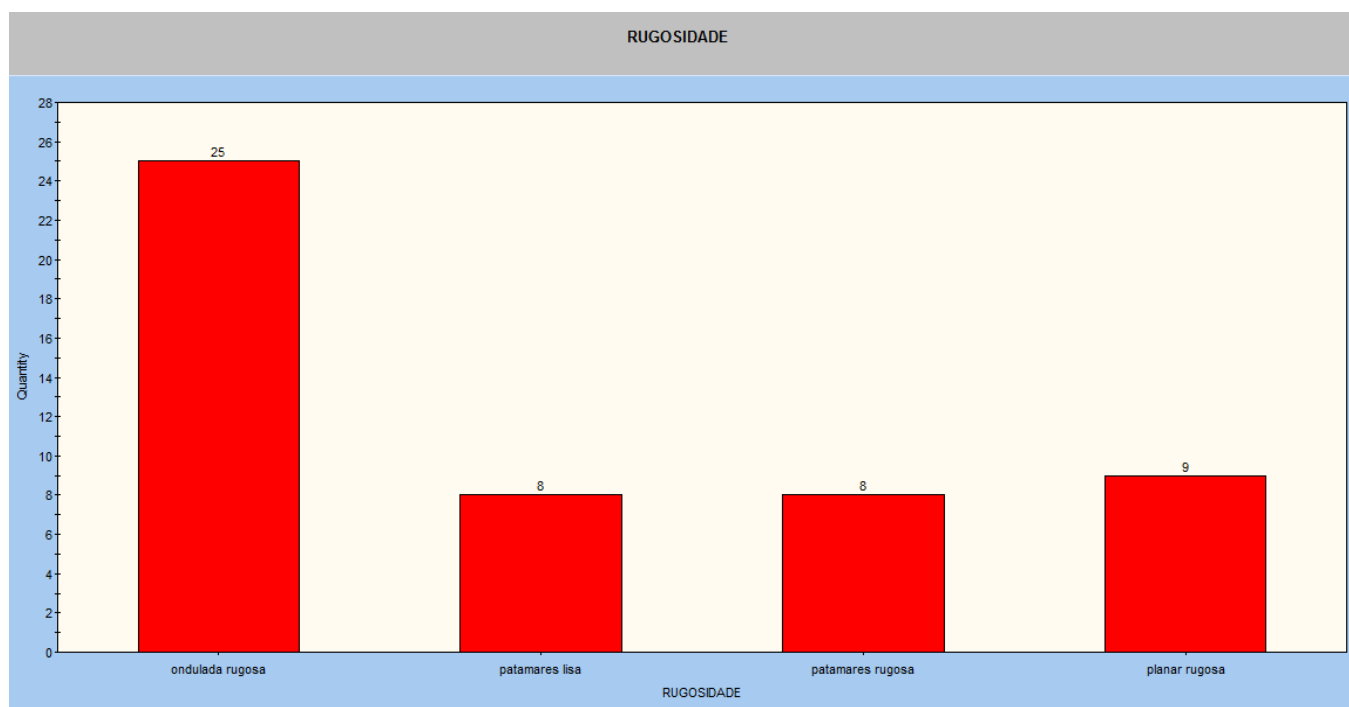


Ilustração 120 - Histograma obtido no software DIPS que representa a distribuição dos resultados relativos à rugosidade das diaclases do Talude da Rua da Senhora das Verdades.

Recorreu-se então, ao Teste de *Markland* no *Software Rockpack* para determinar as condições estruturais do talude. Uma vez que a projeção das principais famílias de diaclases (Ilustração 121) deixou dúvidas acerca da possibilidade de deslizamento, realizou-se o teste de *Markland* com as projeções de todos os planos de diaclases recolhidos no campo. Como se observa na Ilustração 122, existe probabilidade de deslizamento em cunha e por *toppling* (N61;41NW).

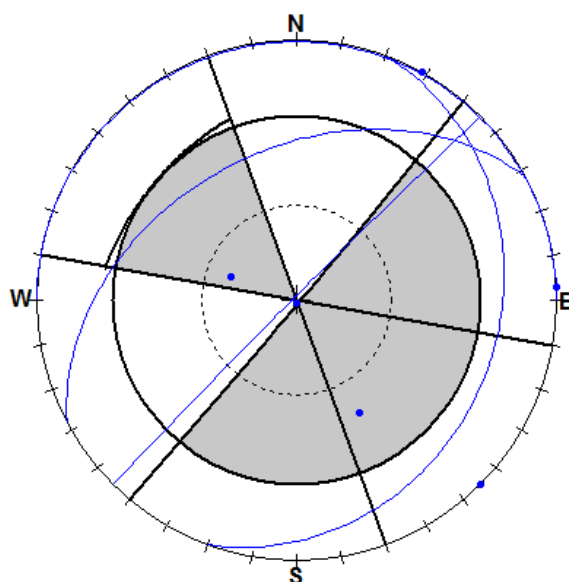


Ilustração 121 - Teste de *Markland* realizado no *Software Rockpack* para o Talude da Rua da Senhora das Verdades.

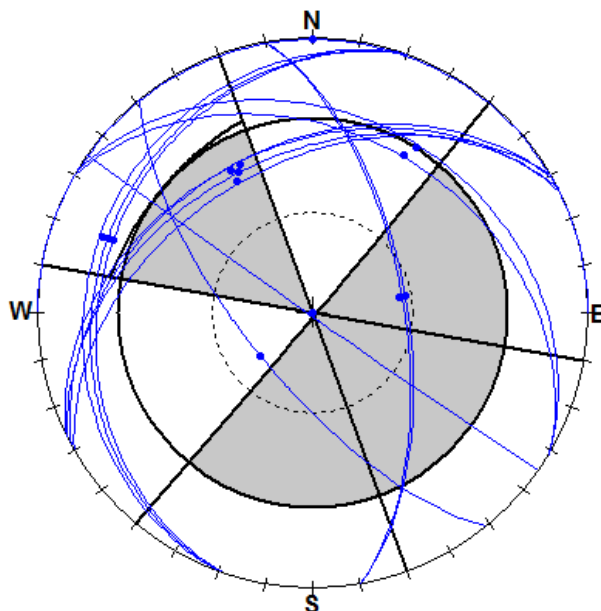


Ilustração 122- Teste de *Markland* realizado no *Software Rockpack*, com todos os planos de diaclasmamento, para o Talude da Rua da Senhora das Verdades.

Este talude não tem qualquer tipo de ocupação, mas localiza-se numa zona com afluência de turistas, uma vez que se localiza perto da Ribeira. Os parâmetros para o cálculo do índice de vulnerabilidade encontram-se na tabela 32:

Tabela 32 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude da Rua da Senhora das Verdades.

| | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|-----------------|---|---------------------------|------------------|
| Ocupação do Talude | Nula | | | |
| Contexto urbanístico | | | Zona de atração turística | |
| Largura da Plataforma | | | 3m | |
| Distância de visibilidade | | | | |
| Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos | | $\frac{76 \times 0.023}{4}$ $\times 100 = 43,7\%$ | | |

5.11 - RIBEIRA (TERRENO AGRÍCOLA)

É um talude que aparenta ter grandes dimensões, subvertical e com blocos de grandes dimensões (~2m), no entanto, não foi possível avaliar a sua perigosidade já que se encontra coberto por vegetação quase na sua totalidade como se observa na Ilustração 123.

Inserir-se num terreno agrícola, fechado a cadeado (sem acessos). Os parâmetros para o cálculo do índice de vulnerabilidade encontram-se na tabela 33:

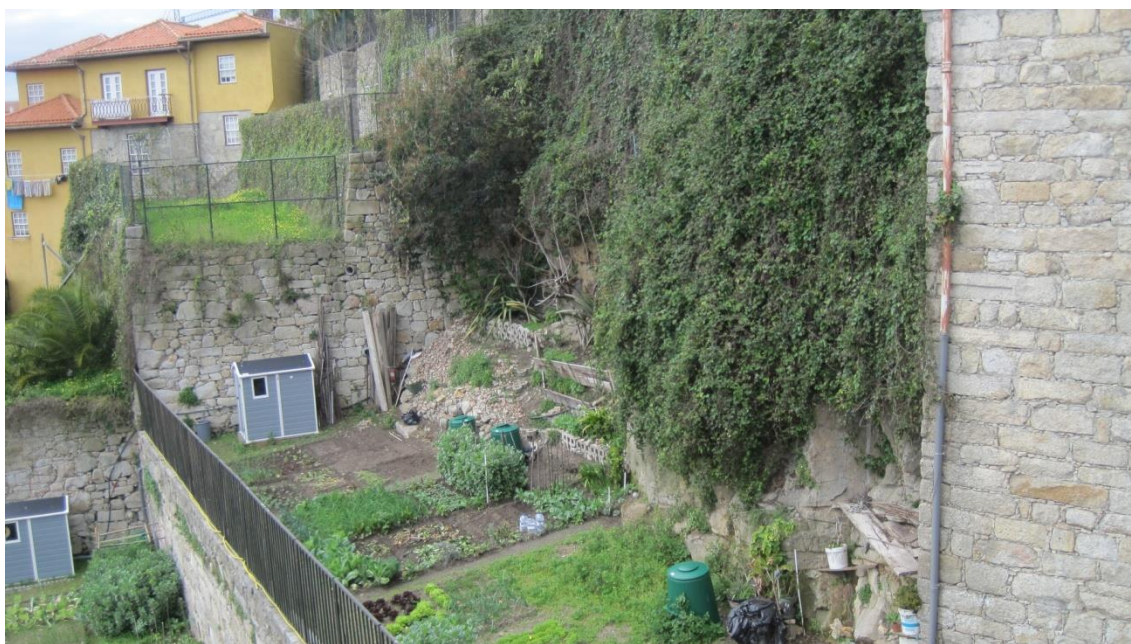


Ilustração 123 - Talude da Ribeira (terreno agrícola).

Tabela 33 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude da Ribeira (terreno agrícola).

| | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|----------------|----------|-----------|-----------|
| Ocupação do Talude | | Agrícola | | |
| Contexto urbanístico | Zona interdita | | | |
| Largura da Plataforma | | | 5m | |
| Distância de visibilidade | | | | |
| Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos | Sem acessos | | | |

5.12 - LARGO DOS ARCOS DA RIBEIRA (COBERTO)

É um talude aparentemente baixo, com pouca inclinação (<60°) no entanto, não foi possível avaliar a sua perigosidade já que se encontra completamente coberto por vegetação como se observa na Ilustração 124.



Ilustração 124 - Talude do Largo dos Arcos da Ribeira (coberto).

Insere-se na mesmo contexto que o Talude do Largo dos Arcos da Ribeira, sem ocupação e numa zona habitacional. Os parâmetros para o cálculo do índice de vulnerabilidade encontram-se na tabela 34:

Tabela 34- Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude do Largo dos Arcos da Ribeira (coberto).

| | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|---|----------|-------------------|-----------|
| Ocupação do Talude | Nula | | | |
| Contexto urbanístico | | | Zona Habitacional | |
| Largura da Plataforma | | | 5m | |
| Distância de visibilidade | | | | |
| Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos | $\frac{7 \times 0,008}{4} \times 100 = 1,4\%$ | | | |

5.13 - SÃO BENTO

Encontra-se numa zona sem acessos, coberto por vegetação quase na sua totalidade. Aparenta ter grandes dimensões e ser subvertical, com blocos com mais de dois metros, como se observa nas Ilustrações 125, 126 e 127, mas não foi possível avaliar a sua perigosidade devido ao facto de estar grandemente coberto por vegetação.

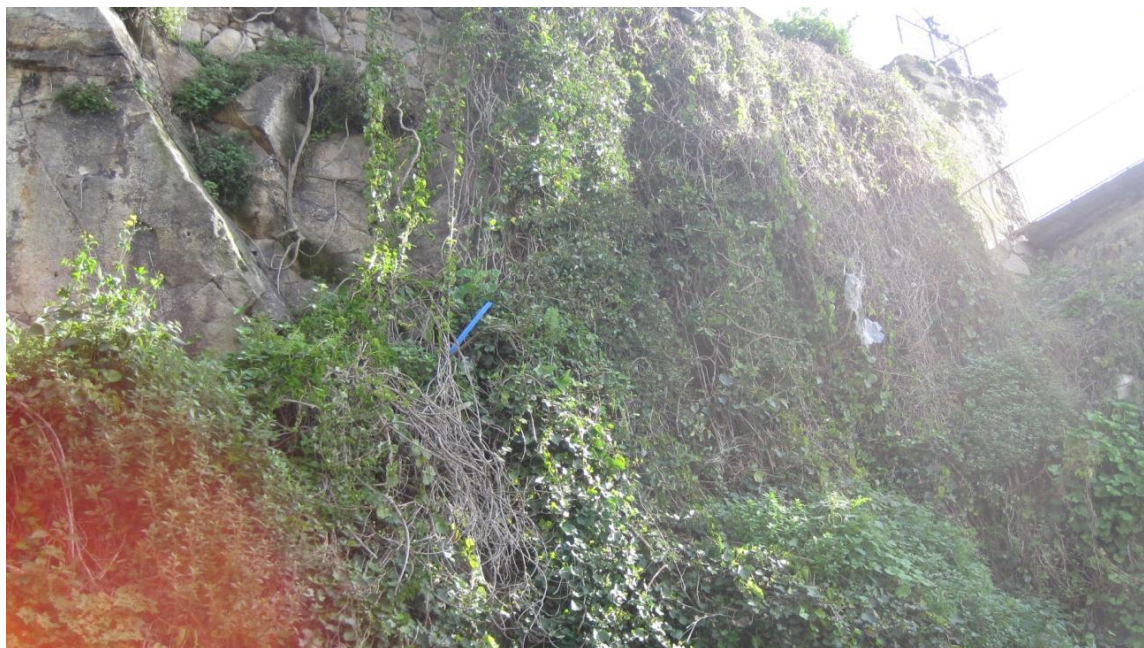


Ilustração 125 - Talude de São Bento, coberto por vegetação.



Ilustração 126 - Talude de São Bento onde se observa a ocupação habitacional no topo.



Ilustração 127 - Pequena porção descoberta do talude de São Bento.

Este talude tem uma ocupação habitacional, uma vez que, se observa uma habitação no topo do mesmo, embora se encontre devoluta. Os parâmetros para o cálculo da vulnerabilidade encontram-se na tabela 35:

Tabela 35 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude de São Bento.

| | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| Ocupação do Talude | | | | Habitacional |
| Contexto urbanístico | Zona Interdita | | | |
| Largura da Plataforma | | | | 2m |
| Distância de visibilidade | | | | |
| Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos | Sem acessos | | | |

5.14 - TÚNEL DA RIBEIRA

Este talude aparenta ter grandes dimensões e blocos com tamanho considerável e aparenta também ser subvertical. Uma vez que se encontra coberto por vegetação (Ilustração 128) não foi possível avaliar a sua perigosidade.

Os parâmetros recolhidos para o cálculo do índice de vulnerabilidade constam da tabela 36.



Ilustração 128 - Talude do Túnel da Ribeira.

Tabela 36 - Parâmetros de Vulnerabilidade do Talude do Túnel da Ribeira.

| | 3 pontos | 9 pontos | 27 pontos | 81 pontos |
|---|----------------|----------|-----------|-----------|
| Ocupação do Talude | Nula | | | |
| Contexto urbanístico | Zona interdita | | | |
| Largura da Plataforma | | | | 0m |
| Distância de visibilidade | | | | |
| Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos | Sem acessos | | | |

5.15 - ESCADAS DO CODEÇAL

Trata-se de um talude de grandes dimensões, já estabilizado com rede e pregagens (Ilustração 129). Uma vez que já se encontra estabilizado, não foi feito o cálculo do seu risco e este será cartografado numa categoria correspondente a taludes estabilizados.



Ilustração 129 - Talude do Codeçal.

CAPÍTULO 6 - RESULTADOS

Após recolhidos todos os dados já apresentados, e preenchidas a fichas para o cálculo do índice de perigosidade e vulnerabilidade é então calculada a soma de todos os parâmetros, obtendo os valores absolutos de perigosidade e vulnerabilidade de cada talude, como apresentada na tabela 37 e 38, respetivamente.

Tabela 37 - Resultados dos parâmetros da perigosidade.

| | | Av. D. Af. Henriques A | Av. D. Af. Henriques B | Av. D. Af. Henriques Poente | Pena Ventosa 1 | Pena Ventosa 2 | Pena Ventosa 3 |
|--|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Altura | 81 | 27 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | Inclinação | 81 | 81 | 27 | 81 | 81 | 81 |
| | Capacidade de retenção | 9 | 27 | 3 | 81 | 81 | 81 |
| | Condições estruturais | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| | Grau de alteração | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| | Afastamento | 81 | 81 | 27 | 27 | 81 | 27 |
| | Presença de água | 3 | 3 | 3 | 9 | 27 | 9 |
| | Atrito | 27 | 27 | 9 | 3 | 3 | 3 |
| | Continuidade | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 |
| | Volume bloco unitário | 81 | 81 | 81 | 81 | 81 | 81 |
| | Historial | 9 | 9 | 3 | 9 | 3 | 3 |
| | Perigosidade | 435 | 399 | 219 | 351 | 417 | 345 |

| Rua Sra das Verdades | Largo do Colégio – café | Largo do Colégio | Largo Arcos da Ribeira | Escadas do Barredo | |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | Altura |
| 81 | 27 | 81 | 81 | 81 | Inclinação |
| 81 | 81 | 81 | 81 | 81 | Capacidade de retenção |
| 81 | 3 | 27 | 3 | 27 | Condições estruturais |
| 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | Grau de alteração |
| 27 | 9 | 27 | 81 | 81 | Afastamento |
| 81 | 3 | 9 | 9 | 3 | Presença de água |
| 3 | 27 | 27 | 27 | 27 | Atrito |
| 9 | 9 | 3 | 9 | 3 | Continuidade |
| 81 | 81 | 81 | 81 | 81 | Volume bloco unitário |
| 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | Historial |
| 477 | 273 | 375 | 405 | 423 | Perigosidade |

Tabela 38 - Resultados dos parâmetros da vulnerabilidade.

| Largo Arcos da Ribeira | Escadas do Barredo | Pena Ventosa 3 | Pena Ventosa 2 | Pena Ventosa 1 | Av. Af. Henriques Poente | Av. Af. Henriques B | Av. Af. Henriques A | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|---|
| 81 | 27 | 81 | 81 | 81 | 3 | 3 | 3 | Ocupação do Talude |
| 9 | 9 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | Contexto urbanístico |
| 81 | 27 | 27 | 81 | 81 | 9 | 27 | 27 | Largura da Plataforma |
| 3 | 3 | 27 | 9 | 3 | 81 | 81 | 81 | Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos |
| | | | | | | | | Distância de visibilidade |
| 174 | 66 | 162 | 198 | 192 | 120 | 138 | 138 | Vulnerabilidade |

| Túnel da Ribeira | Estação São Bento | Arcos Ribeira (coberto) | Ribeira (terreno agrícola) | Rua Sra das Verdades | Largo do Colégio – café | Largo do Colégio | |
|-----------------------------|----------------------------------|--|---|-------------------------------------|--|---------------------------------|---|
| 3 | 81 | 3 | 9 | 3 | 3 | 3 | Ocupação do Talude |
| 3 | 3 | 27 | 3 | 27 | 81 | 27 | Contexto urbanístico |
| 81 | 81 | 27 | 27 | 27 | 81 | 81 | Largura da Plataforma |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 3 | Probabilidade do material em queda atingir pessoas e/ou veículos |
| | | | | | | | Distância de visibilidade |
| 90 | 168 | 60 | 42 | 66 | 168 | 114 | Vulnerabilidade |

Uma vez obtidos os valores absolutos da perigosidade e vulnerabilidade, estes são convertidos em intervalos qualitativos, com explicado anteriormente no capítulo “Cálculo do Risco”, tabelas 8 e 9, como se observa na tabela 39:

Tabela 39 - Tabela com os resultados da perigosidade e vulnerabilidade e respetiva conversão para intervalos qualitativos.

| | Perigosidade | Grau de Perigosidade | Vulnerabilidade | Grau de Vulnerabilidade |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Av. Af. Henriques A | 435 | 4 | 138 | 3 |
| Av. Af. Henriques B | 399 | 3 | 138 | 3 |
| Av. Af. Henriques Poente | 219 | 2 | 120 | 3 |
| Pena Ventosa 1 | 351 | 3 | 192 | 4 |
| Pena Ventosa 2 | 417 | 4 | 198 | 4 |
| Pena Ventosa 3 | 345 | 3 | 162 | 3 |
| Escadas do Barredo | 423 | 4 | 66 | 2 |
| Largo Arcos da Ribeira | 405 | 3 | 174 | 3 |
| Largo do Colégio | 375 | 3 | 114 | 3 |
| Largo do Colégio – café | 373 | 3 | 168 | 3 |
| Rua Sra das Verdades | 477 | 4 | 66 | 2 |
| Ribeira (terreno agrícola) | | | 42 | 1 |
| Arcos Ribeira (coberto) | | | 60 | 2 |
| Estação São Bento | | | 168 | 3 |
| Túnel da Ribeira | | | 90 | 2 |

Por fim, os valores dos graus de perigosidade e vulnerabilidade (de 1 a 5 que representam os intervalos qualitativos de Nulo a Extremo) são multiplicados numa matriz de risco (tabela 11) e posteriormente multiplicados pelo coeficiente, que nos permite obter o grau de risco de cada talude como está presente na tabela 40:

Tabela 40 - Resultados do cálculo do Risco.

| | Perigosidade | Grau de perigosidade | Vulnerabilidade | Grau de vulnerabilidade | Coeficiente | Risco |
|----------------------------|--------------|----------------------|-----------------|-------------------------|-------------|-------|
| Av. Af. Henriques A | 435 | 4 | 138 | 3 | 1 | 12 |
| Av. Af. Henriques B | 399 | 3 | 138 | 3 | 1 | 9 |
| Av. Af. Henriques Poente | 219 | 2 | 120 | 3 | 1 | 6 |
| Pena Ventosa 1 | 351 | 3 | 192 | 4 | 1 | 12 |
| Pena Ventosa 2 | 417 | 4 | 198 | 4 | 1 | 16 |
| Pena Ventosa 3 | 345 | 3 | 162 | 3 | 1 | 9 |
| Escadas do Barredo | 423 | 4 | 66 | 2 | 1 | 8 |
| Largo Arcos da Ribeira | 405 | 3 | 174 | 3 | 0 | 0 |
| Largo do Colégio | 375 | 3 | 114 | 3 | 1 | 9 |
| Largo do Colégio – café | 373 | 3 | 168 | 3 | 0 | 0 |
| Rua Sra das Verdades | 477 | 4 | 66 | 2 | | 8 |
| Ribeira (terreno agrícola) | | | 42 | 1 | | |
| Arcos Ribeira (coberto) | | | 60 | 2 | | |
| Estação São Bento | | | 168 | 3 | | |
| Túnel da Ribeira | | | 90 | 2 | | |

CAPÍTULO 7 - CARTOGRAFIA

Uma vez obtido o grau de risco para cada talude da zona de estudos, estes foram cartografados em SIG através do *software ArcGIS*. Esta cartografia tem como base a cartografia dos taludes da Carta Geotécnica do Porto e das Cartas de Perigosidade Geológica da Zona Histórica do Porto (Georisk). A base cartográfica utilizada foi o Ortofotomapa de 2008.

Os taludes são cartografados numa *Layer* sob a forma de polígonos, de acordo com a sua localização no espaço e respetivas dimensões (Ilustrações 130 a 133), à qual corresponde uma tabela de atributos com as informações relativas aos valores absolutos de perigosidade e vulnerabilidade, respetivos graus de perigosidade e vulnerabilidade e grau de risco. Nessa tabela consta o grau de risco calculado com base nos parâmetros discutidos anteriormente, obtendo-se uma *Layer* capaz de ilustrar os diferentes taludes e aos quais se atribuem diferentes cores de acordo com o grau de risco correspondente.

A simbologia dos taludes (cor) é atribuída de acordo com o seu grau de risco, de acordo com a tabela 41:

Tabela 41 - Simbologia atribuída aos taludes.







| Grau de Risco | Cor |
|--|---|
| Talude estabilizado |  |
| Talude para o qual só foi estudada a Vulnerabilidade |  |
| Risco nulo a baixo |  |
| Risco Médio |  |
| Risco Elevado |  |
| Risco Extremo |  |



Ilustração 130 - Cartografia no *software* ArcGIS onde se observa a área de estudo delimitada a verde.



Ilustração 131 - Cartografia no *ArcGIS* onde se observa com maior detalhe os polígonos correspondentes os taludes da Avenida D. Afonso Henriques (laranja), Avenida D. Afonso Henriques Poente (amarelo) e o Talude de São Bento (azul).



Ilustração 132 - Cartografia no ArcGIS onde se observa com maior detalhe os polígonos correspondentes os taludes da Rua da Pena Ventosa 1, 2 e 3 (laranja e amarelo a norte) e os taludes do Largo do Colégio (amarelo, a sul) e Largo do colégio - café (roxo).



Ilustração 133 - Cartografia no ArcGIS onde se observa os polígonos correspondentes os taludes da Rua da Senhora das verdades (amarelo, a norte), Escadas do Barroso (amarelo, no centro), Talude do Codeçal (verde), Talude do Largo dos Arcos da Ribeira (roxo), Talude do Largo dos Arcos da Ribeira (coberto), Talude da Ribeira, e Talude do Túnel da Ribeira (estes três últimos estão representados a azul, no centro da figura, respetivamente, da esquerda para a direita).

CAPÍTULO 8 – CONCLUSÕES

A realização deste estágio, no Departamento da Proteção Civil do Município do Porto, foi extremamente útil no desenvolvimento de espírito crítico, uma vez que se trata de uma adaptação de uma metodologia científica, previamente existente, a um contexto completamente distinto.

No decorrer do estágio foi adquirida experiência em trabalho de campo, levantamento de dados de campo e estudos de geotecnia, nomeadamente no estudo do diaclasamento do granito do Porto. Foram desenvolvidas competências no manuseamento de diversos *softwares*, como o *DIPS*, *Rockpack*, *Rocfall* e *ArcGIS*.

A metodologia desenvolvida para a cartografia de risco de taludes do Centro Histórico do Porto revelou resultados positivos e cumpre os objetivos deste trabalho, já que, mostrou ser uma metodologia capaz de avaliar eficazmente o grau de risco de queda de blocos, em taludes rochosos graníticos, em contexto urbano.

Os resultados obtidos e eficácia demonstrada na aplicação deste método na zona piloto, permite afirmar que este mesmo método, tem potencial para ser aplicado no restante município do Porto com sucesso, resultando numa cartografia de risco de taludes para a totalidade da área do município. Este possível alargamento da cartografia à restante área do município resultará numa cartografia de risco de taludes que deverá integrar o Plano Municipal de Emergência, de onde consta uma cartografia de todos os riscos inerentes ao Município do Porto.

Apesar de se tratar de uma metodologia que resulta num grau de risco, ou seja, uma avaliação final qualitativa, esta tem como base uma avaliação quantitativa da perigosidade e vulnerabilidade que, por sua vez, têm como fundamento um conjunto de parâmetros científicos. Esta base científica é de extrema importância para se estabelecerem prioridades, uma vez que, apresenta fundamentos que permitem comparar a perigosidade, vulnerabilidade e grau de risco entre os diferentes taludes.

A possibilidade de comparar os taludes entre si, faz desta cartografia, uma ótima ferramenta de apoio à decisão para a Proteção Civil, uma vez que, disponibiliza informação com base científica que permite perceber quais os taludes que necessitam de intervenção prioritária.

O trabalho desenvolvido no âmbito deste estágio demonstra como uma boa articulação entre a ciência e a Proteção Civil pode resultar em estratégias de prevenção, que visam a proteção dos cidadãos, bens e infraestruturas.

BIBLIOGRAFIA

Almeida, A., Begonha, A., 2010. Geologia Urbana e Património da Região do Porto – Parte II: Geologia do Centro Histórico. *In: D. Flores, M. Marques, (Eds). X Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa e XVI Semana de Geoquímica. Memórias nº 15.* Porto, 39-49.

Almeida, A., Santos, J., Noronha, F., 2014. Contribuição dos sistemas isotópicos Sm-Nd e Rb-Sr para o estudo petrogenético do maciço granítico peraluminoso de duas micas da cidade do Porto (NW Portugal). *Comunicações Geológicas*, 101(I): 27-30.

ANPC - “Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (sig) de base municipal”. Setembro de 2009. Autoridade Nacional de Proteção Civil. Lisboa.

ANPC – “Guia para a Caracterização de Risco no Âmbito da Elaboração de Planos de Emergência de Proteção Civil”. Cadernos Técnicos PROCIV 9, Setembro de 2009. Autoridade Nacional de Proteção Civil. Lisboa.

ANPC – “Manual para a Elaboração, Revisão e Análise de Planos Municipais de Ordenamento do Território na Vertente da Protecção Civil”. Cadernos Técnicos PROCIV 6, Março de 2009. Autoridade Nacional de Proteção Civil. Lisboa.

Borges, F., Noronha, F., Marques, M., 1985. Excursão Geológica no Complexo Gnáissico da Foz do Douro. *In: Livro-guia das excursões geológicas da IX Reunião de Geologia do Oeste Peninsular, Universidade do Porto.*

Budetta, P. (2004). Assessment of rockfall risk along roads. *Natural Hazards and Earth System Science*, Vol. 4, pp. 71–81.

Carta Geotécnica do Porto, 2003. Notícia Explicativa. Câmara Municipal do Porto.

Cartas de Perigosidade Geológica da Zona Histórica do Porto, 2007. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Projecto GEORISK “Risques Géologiques, Patrimoine et Système d’Information Géographique”.

Dias, R., Ribeiro, A., 1995. The Ibero-Armorican arc: a collisional effect against an irregular continent? *Tectonophysics*, 246(1-3), 113-128.

DMPC - Norma Técnica: Metodologia para a Cartografia de Risco no Município do Porto, 2014. Departamento Municipal da Proteção Civil. Porto.

DMPC - Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil, 2015. Departamento Municipal da Proteção Civil. Porto.

Ferreira, N., Iglesias, M., Noronha, F., Pereira, E., Ribeiro, A., Ribeiro, M., 1987. Granitoides da Zona Centro Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. *In*: F. Bea, A. Carnicero, J. Gonzalo, M. Lopez Plaza, M. Alonso, (Eds). *Geologia de los Granitoides y Rocas Asociadas del Macizo Hesperico*. Editorial Rueda, Libro Homenaje a L.C. Garcia de Figuerola, Madrid, 37-51.

Highland, L. M. Bobrowsky. O manual de deslizamento: um guia para a compreensão de deslizamentos. Virginia, USA: USGS. RESTON, 2008.

Julivert, M., Fontbote, J., Ribeiro, A., Conde, L., 1974. Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares (Memoria). Inst. Geol. Min. Esp. Madr. (113 pp.)

Mesquita, V., 2013. Análise Determinística e Probabilística da Estabilidade de Blocos em Taludes Rochosos. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto .

Noronha, F., Ramos, J., Rebelo, J., Ribeiro, A., Ribeiro, M., 1981. Essai de corrélation des phases de déformation hercyniennes dans le nord-ouest Pe'ninsulaire. Leidse Geol. Meded. 52, 87 – 91.

Pierson, L., Davis, S., Van Vickle, R. 1990. Rockfall Hazard Rating System Implementation Manual. Federal Highway Administration (FHWA) Report FHWA-OR—EG-90-01. FHWA, U.S. Department of Transportation.

Pierson, L., Van Vickle, R. 1993. *Rockfall Hazard Rating System*-participants' manual. Federal Highway Administration Publication No. FHWA-SA-93-057, Washington, DC

Ribeiro, A., Antunes, M., Ferreira, M., Rocha, R., Soares, A., Zbyszewski, G., Almeida, F., Carvalho, D., Monteiro, J., 1979. *Introduction à la géologie du Portugal*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 114 p.

Winchester, J., Pharoah, T., and Verniers, J., 2002, Palaeozoic amalgamation of Central Europe: An introduction and synthesis of new results from recent geological and geophysical investigations, in Winchester, J.A., Pharoah, T.C., and Verniers, J., eds., Palaeozoic Amalgamation of Central Europe: Geological Society [London] Special Publication 201, p. 1–18.

REFERÊNCIAS LEGAIS:

Lei nº 27/2006, de 3 de Julho – Lei de Bases da Proteção Civil.

ANEXOS

Localização: Rua da Pena Ventosa N41°08.566' W008°36.786'

Data: 22-02-2017

Descrição: Talude de pequenas dimensões incluso na parede de uma habitação

Litologia: Granito do Porto, W3 a 4 , Crista N160

Notas : A água jorra espontaneamente pelas paredes da habitação. Existe cimento em algumas diaclases. São relatadas quedas de blocos pelos habitantes, embora sem danos nem vítimas.

Tabela 42- Dados de campo relativos ao Talude da Rua da Pena Ventosa 1.

| Orientação | Continuidade (m) | Água | Abertura | Rugosidade | Preenchimento | Afastamento (m) |
|------------|------------------|--------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| N20;60W | 1 | seco | / | planar rugosa | / | 0.2 |
| N20;60W | 0.8 | húmido | aberta | planar rugosa | terra e plantas | 0.4 |
| N20;62W | 0.55 | seco | muito aberta | ondulada rugosa | / | |
| N20;62W | 0.5 | seco | muito aberta | planar rugosa | saibro | |
| N45;90 | 0.5 | húmido | aberta | planar rugosa | saibro | 0.17 |
| N50;90 | 0.7 | seco | aberta | ondulada rugosa | saibro | 0.25 |
| N30;90 | 0.25 | seco | aberta | ondulada rugosa | / | |
| N70;20NW | 1 | seco | muito aberta | planar rugosa | saibro | |
| N70;20NW | 0.5 | seco | aberta | planar rugosa | / | 0.35 |
| N80;20NW | 0.4 | seco | aberta | ondulada rugosa | plantas | |
| N80;40NW | 1 | seco | muito aberta | planar rugosa | saibro | 0.2 |
| N80;40NW | 1 | seco | muito aberta | planar rugosa | saibro | 0.3 |
| N80;40NW | 1 | seco | muito aberta | planar rugosa | saibro | 0.5 |
| N80;20NW | 1.4 | seco | muito aberta | planar rugosa | saibro | 0.8 |

Localização: Rua da Pena Ventosa N41°08.565' W008°36.782' até N41°08.571' W008°36.781'

Data: 22-02-2017

Descrição: Talude incluso em paredes de habitações

Litologia: Granito do Porto, W3

Tabela 43 - Dados de campo relativos ao Talude da Rua da Pena Ventosa 2.

| Orientação | Continuidade | Água | Abertura | Rugosidade | Preenchimento | Afastamento |
|------------|--------------|-----------|--------------|------------------|----------------|-------------|
| N180;90 | 0.5 | seco | | planar rugosa | | |
| N50;80NW | 0.77 | húmido | aberta | ondulada | saibro e musgo | 0.9 |
| N45;72NW | 0.4 | seco | fechada | planar rugosa | | |
| N140;90 | 0.3 | seco | aberta | planar rugosa | musgo | |
| N40;80NW | 2.2 | seco | | planar rugosa | | |
| N100;78NE | 0.5 | seco | fechada | planar rugosa | | 0.45 |
| N40;90 | 2.1 | seco | | planar rugosa | | |
| N130;90 | 0.3 | seco | aberta | planar rugosa | saibro e musgo | 0.9 |
| N130;90 | 0.6 | seco | | ondulada | | 0.3 |
| N170;70NE | 0.4 | seco | | planar rugosa | | 0.8 |
| N180;40E | 1.4 | seco | fechada | ondulada | terra | |
| N40;70SE | 1 | seco | | ondulada | | 1 |
| N36;90 | 0.5 | seco | | patamares rugosa | | |
| N120;90 | 0.4 | seco | | planar rugosa | | 0.6 |
| N70;30NW | 0.7 | seco | | planar rugosa | | |
| N150;60SW | 0.4 | seco | | planar rugosa | | |
| N20;90 | 2.2 | seco | | ondulada | | 2.2 |
| N160;70SW | 0.3 | seco | | planar rugosa | | |
| N110;80NE | 1.3 | seco | | ondulada | | 1.5 |
| N110;30NE | 1 | seco | muito aberta | planar rugosa | saibro e musgo | 1.3 |
| N50;20NW | 0.5 | seco | fechada | ondulada | | 0.2 |
| N160;30SW | 1.4 | seco | aberta | ondulada | saibro | 0.2 |
| N120;90 | 0.9 | húmido | aberta | planar rugosa | | 0.15 |
| N120;20NE | 1.5 | seco | | ondulada | | |
| N120;20NE | 0.8 | seco | | ondulada | | 1.3 |
| N110;60NE | 1.3 | seco | aberta | ondulada | saibro | 0.4 |
| N70;30NW | 0.8 | gotejando | aberta | ondulada | musgo | |
| N70;30NW | 0.5 | húmido | aberta | ondulada | plantas | 0.1 |
| N80;30SE | 1.5 | seco | fechada | ondulada | | 0.15 |
| N80;30SW | 1.4 | seco | aberta | ondulada | | 0.10 |
| N80;30SW | 1.6 | seco | aberta | ondulada | | |
| N80;30SW | 1.2 | seco | aberta | ondulada | | |

Localização: Rua da Pena Ventosa, N41°08.572' W008°36.766' até N41°08.577' W008°36.76

Data: 23.02.2017

Descrição: incluso no muro de habitações, crista N60° vertical, granito do Porto, W3

Tabela 44 - Dados de campo relativos ao Talude da Rua da Pena Ventosa 3.

| Orientação | Continuidade (m) | Água | Abertura | Rugosidade | Preenchimento | Afastamento (m) |
|------------|------------------|--------|--------------|------------------|-----------------|-----------------|
| N170;90 | 0.20 | seco | fechada | planar lisa | | |
| N160;90 | 1 | seco | aberta | planar lisa | plantas | 0.15 |
| N170;90 | 0.6 | seco | aberta | planar lisa | plantas | 0.15 |
| N150;90 | 0.2 | seco | fechada | planar rugosa | | 0.07 |
| N150;90 | 0.2 | seco | fechada | planar rugosa | | 0.1 |
| N170;90 | 0.07 | seco | fechada | planar rugosa | | 0.17 |
| N20;80SE | 0.2 | seco | | planar rugosa | | |
| N40;90 | 0.1 | seco | | ondulada rugosa | | 0.1 |
| N80;90 | 0.35 | seco | | planar rugosa | | 0.1 |
| N80;90 | 0.2 | seco | | ondulada rugosa | | |
| N60;90 | 0.3 | seco | | ondulada rugosa | | 0.2 |
| N100;20NE | 0.3 | seco | | planar rugosa | | 0.1 |
| N90;20N | 0.45 | seco | | ondulada rugosa | | |
| N110;90 | 0.3 | seco | aberta | ondulada rugosa | plantas | 0.1 |
| N100;90 | 2 | seco | | ondulada rugosa | | |
| N10;70SE | 0.3 | seco | | planar rugosa | | 0.2 |
| N30;80SE | 0.25 | seco | aberta | planar rugosa | plantas | 0.25 |
| N10;80N | 0.6 | seco | aberta | planar rugosa | plantas | 0.15 |
| N10;80N | 0.6 | seco | aberta | planar rugosa | plantas | 0.1 |
| N150;30SW | 0.2 | seco | aberta | planar rugosa | | |
| N150;30SW | 0.25 | seco | aberta | ondulada rugosa | plantas | 0.1 |
| N60;14N | 0.3 | seco | aberta | ondulada rugosa | plantas | 0.3 |
| N50;10N | 0.5 | seco | aberta | ondulada rugosa | plantas | 0.6 |
| N20;74SE | 1 | seco | aberta | planar rugosa | plantas | 0.05 |
| N20;70SE | 1 | seco | aberta | planar rugosa | plantas | 0.1 |
| N20;66SE | 0.7 | seco | fechada | planar rugosa | | 0.15 |
| N30;90 | 1 | seco | aberta | ondulada rugosa | plantas | 0.55 |
| N24;90 | 0.7 | seco | aberta | planar rugosa | plantas | |
| N0;90 | 1 | seco | muito aberta | planar rugosa | plantas | 0.25 |
| N40;90 | 1.2 | seco | aberta | ondulada rugosa | musgo | 0.55 |
| N40;90 | 0.5 | seco | fechada | planar rugosa | | |
| N0;76W | 1.3 | seco | aberta | planar rugosa | musgo | 0.5 |
| N0;90 | 1 | seco | muito aberta | planar rugosa | plantas e terra | |
| N110;78NE | 1.3 | húmido | aberta | ondulada rugosa | plantas e terra | 0.5 |
| N120;90 | 0.6 | seco | | ondulada rugosa | | |
| N20;30NW | 1.2 | seco | aberta | planar rugosa | terra, musgo | 0.15 |
| N80;30NW | 1 | seco | aberta | ondulada rugosa | saibro | 0.2 |
| N100;90 | 0.4 | seco | aberta | patamares rugosa | plantas | 0.4 |
| N100;90 | 0.45 | seco | aberta | ondulada rugosa | | 0.4 |
| N100;90 | 0.4 | seco | aberta | patamares rugosa | | 0.35 |
| N30;70NE | 0.3 | seco | fechada | planar rugosa | | 0.45 |
| N30;70NE | 0.35 | seco | fechada | planar rugosa | | 0.4 |
| N30;70NE | 0.3 | seco | fechada | planar rugosa | | 0.4 |
| N150;20NW | 1 | seco | aberta | ondulada rugosa | | 0.5 |
| N150;20NW | 0.8 | seco | aberta | ondulada rugosa | | 0.4 |
| N150;20NW | 0.8 | seco | aberta | ondulada rugosa | | 0.8 |
| N150;20NW | 0.7 | seco | aberta | ondulada rugosa | | 0.7 |
| N150;20NW | 1 | seco | aberta | ondulada rugosa | plantas | 0.8 |
| N150;20NW | 1.1 | seco | aberta | ondulada rugosa | | 0.8 |

Localização: Rua Senhora das Verdades, N41°08.490' W008°36.611' até N41°08.477' W008°36.601'

Data: 24.02.2017

Descrição: Talude próximo de habitações, sem valeta de retenção, em zona de circulação pedonal. Crista N40°. Diaclases irregulares que mudam de atitude, dificultando a sua medição.

Tabela 45 - Dados de campo relativos ao Talude da Rua da Senhora das Verdades.

| Orientação | Continuidade (m) | Água | Abertura | Rugosidade | Preenchimento | Afastamento (m) | Coluna |
|------------|------------------|--------|----------------|------------------|------------------|-----------------|-------------|
| N140;70SW | 1.6 | seco | | patamares rugosa | | | |
| horizontal | 1.5 | seco | aberta | patamares lisa | | 0.05 | |
| N0;90 | 0.1 | seco | fechada | patamares rugosa | | 0.1 | |
| horizontal | 1.4 | seco | aberta | patamares lisa | | 0.07 | |
| horizontal | 1.5 | seco | aberta | patamares lisa | | 0.05 | |
| horizontal | 1.5 | seco | aberta | patamares lisa | | 0.1 | |
| N0;90 | 0.2 | seco | fechada | patamares rugosa | | 0.15 | |
| N0;90 | 0.3 | seco | fechada | patamares lisa | | 0.1 | |
| N0;90 | 0.1 | seco | fechada | patamares lisa | | 0.1 | |
| N0;90 | 0.3 | seco | fechada | patamares rugosa | | 0.1 | |
| N0;90 | 0.2 | seco | fechada | patamares lisa | | 0.15 | |
| N0;90 | 0.3 | seco | fechada | patamares lisa | | 0.1 | |
| N50;90 | 1.5 | seco | fechada | planar rugosa | | 0.2 | |
| N50;90 | 2.4 | seco | fechada | ondulada rugosa | | 0.4 | |
| N50;90 | 2 | seco | fechada | planar rugosa | | 0.3 | |
| N50;90 | 2.2 | seco | fechada | ondulada rugosa | | 0.2 | |
| N50;90 | 1.7 | seco | fechada | ondulada rugosa | | | |
| N170;90 | 0.7 | seco | fechada | planar rugosa | | 0.7 | |
| N170;90 | 1.5 | seco | fechada | ondulada rugosa | | | |
| N170;90 | 2.3 | seco | aberta | ondulada rugosa | plantas e terra | 0.3 | |
| N170;64NE | 1 | seco | aberta | ondulada rugosa | plantas e terra | 0.3 | |
| N170;62NE | 2.4 | seco | aberta | ondulada rugosa | | 0.25 | |
| N170;64NE | 0.5 | seco | aberta | ondulada rugosa | plantas e terra | 0.3 | |
| N110;90 | 1 | seco | | ondulada rugosa | | | |
| N40;90 | 0.5 | seco | | planar rugosa | | 0.2 | |
| N40;90 | 13 | humido | | ondulada rugosa | | | |
| N20;24SE | 10 | seco | aberta a muito | ondulada rugosa | saibro e plantas | 0.2 | Inflete e p |
| N20;20SE | 12 | seco | aberta | ondulada rugosa | saibro e plantas | 0.5 | |
| N20;24SE | 10 | seco | muito aberta | ondulada rugosa | saibro e plantas | | 1 |
| N20;22SE | 5 | seco | aberta | ondulada rugosa | | 0.2 | |
| N20;24SE | 11 | seco | aberta | ondulada rugosa | | 0.7 | |
| N20;20SE | 13 | seco | aberta | ondulada rugosa | saibro e plantas | | 1 |
| N40;90 | 1 | seco | aberta | patamares rugosa | plantas e terra | 0.7 | |
| N40;90 | 1 | seco | aberta | patamares rugosa | | 0.5 | |
| N44;90 | 0.8 | seco | aberta | ondulada rugosa | plantas e terra | 0.7 | |
| N40;90 | 1.1 | seco | aberta | patamares rugosa | | 0.65 | |
| N42;90 | 1 | seco | aberta | patamares rugosa | plantas e terra | | |
| N122;90 | 1.5 | seco | aberta | planar rugosa | | | |
| N120;90 | 2 | seco | aberta | planar rugosa | plantas e terra | 0.2 | |
| N120;90 | 2.2 | fluido | aberta | planar rugosa | | 0.3 | |
| N124;90 | 1 | seco | aberta | planar rugosa | | 0.5 | |
| N120;90 | 1.3 | seco | aberta | planar rugosa | plantas e terra | 0.5 | |
| N120;30NE | 0.4 | seco | | ondulada rugosa | | | |
| N120;34NE | 1.7 | seco | | ondulada rugosa | | 0.6 | |
| N122;30NE | 2 | seco | | ondulada rugosa | | | |
| N60;40NW | 0.9 | seco | fechada | ondulada rugosa | | 0.5 | |
| N60;40NW | 0.7 | seco | fechada | ondulada rugosa | | | |
| N64;40NW | 1.5 | seco | fechada | ondulada rugosa | | 0.3 | |
| N62;42NW | 0.8 | seco | fechada | ondulada rugosa | | 0.3 | |
| N60;44NW | 1.5 | seco | fechada | ondulada rugosa | | | |

Localização: Largo do Colégio, escadaria lateral

Data: 15.03.2017

Descrição: Talude de grandes dimensões, sem valeta de retenção, imediatamente ao lado de uma escadaria onde circulam pessoas, em zona turística. Na maior parte da sua extensão já se encontra estabilizado com rede e pregagens. O levantamento foi feito na zona lateral das escadas, onde o talude não possui nenhuma obra de estabilização.

Tabela 46 - Dados de campo relativos ao Talude do Largo do Colégio.

| Orientação | Continuidade (m) | Água | Abertura | Rugosidade | Preenchimento | Afastamento (m) |
|------------|------------------|------|--------------|------------------|------------------------|-----------------|
| N136;82NE | 1.2 | seco | muito aberta | planar lisa | | 0.15 |
| N154;84NE | 0.9 | seco | fechada | planar lisa | | 0.1 |
| N144;80NE | 0.8 | seco | aberta | planar lisa | saibro, musgo, plantas | |
| N140;78NE | 1.2 | seco | aberta | planar lisa | saibro | |
| N140;80NE | 0.7 | seco | fechada | planar lisa | | 0.18 |
| N136;84NE | 0.6 | seco | aberta | planar lisa | saibro, musgo, plantas | 0.22 |
| N140;80NE | 0.9 | seco | aberta | planar lisa | saibro, musgo, plantas | 0.18 |
| N40;64NW | 0.35 | seco | muito aberta | planar lisa | saibro | 0.09 |
| N20;60NW | 0.15 | seco | | planar lisa | | |
| N42;50NW | 0.8 | seco | | patamares rugosa | | 0.25 |
| N30;54NW | 1.9 | seco | aberta | patamares rugosa | saibro | |
| N100;60SW | 1.2 | seco | | ondulada lisa | | 0.52 |
| N90;52SW | 0.97 | seco | | patamares rugosa | | |
| N180;74E | 1.2 | seco | aberta | planar lisa | saibro, musgo, plantas | 0.53 |
| N180;72E | 0.9 | seco | aberta | planar lisa | saibro, musgo, plantas | |
| N170;68NE | 1.6 | seco | aberta | planar lisa | saibro, musgo, plantas | 0.07 |
| N170;68NE | 1.8 | seco | muito aberta | planar lisa | saibro, musgo, plantas | 0.15 |
| N172;70NE | 0.7 | seco | fechada | planar lisa | | 0.09 |
| N170;66NE | 0.6 | seco | aberta | planar lisa | saibro | 0.05 |
| N174;68NE | 1.6 | seco | aberta | planar lisa | saibro, musgo, plantas | 0.1 |
| N104;54SW | 0.87 | seco | muito aberta | patamares rugosa | saibro, musgo, plantas | 0.3 |
| N100;56SW | 0.8 | seco | | patamares rugosa | | 0.27 |
| N80;12SE | 0.66 | seco | fechada | planar lisa | | 0.32 |
| N80;14SE | 0.8 | seco | muito aberta | planar lisa | saibro | 0.35 |
| horizontal | 0.5 | seco | aberta | planar lisa | saibro, musgo, plantas | 0.16 |
| horizontal | 0.55 | seco | aberta | planar lisa | saibro, musgo, plantas | |
| horizontal | 0.7 | seco | aberta | planar lisa | saibro, musgo, plantas | |

Localização: Largo do Colégio, em frente ao café

Data: 15.03.2017

Descrição: Talude de pequenas dimensões, localizado à entrada de um café, sem valeta de retenção.

Tabela 47 - Dados de campo relativos ao Talude do Largo do Colégio - café.

| Orientação | Continuidade (m) | Água | Abertura | Rugosidade | Preenchimento | Afastamento (m) |
|------------|------------------|------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|
| N30;68SE | 2.5 | seco | aberta | planar lisa | plantas | |
| N30;70SE | 3 | seco | aberta | planar lisa | plantas | 0.22 |
| N30;66SE | 0.9 | seco | fechada | planar lisa | | 0.05 |
| horizontal | 0.5 | seco | | planar lisa | plantas | |
| horizontal | 2.2 | seco | aberta | planar lisa | plantas | 0.11 |
| horizontal | 0.7 | seco | fechada | ondulada lisa | | 0.09 |
| N100;40NE | 1.9 | seco | aberta | planar lisa | plantas | |
| N100;40NE | 0.4 | seco | aberta | planar lisa | plantas | 0.1 |
| N100;42NE | 0.3 | seco | aberta | planar lisa | plantas | 0.15 |
| N110;32NE | 2.2 | seco | fechada | planar lisa | | |
| N112;30NE | 1.1 | seco | fechada | planar lisa | plantas | 0.08 |
| N110;30NE | 0.8 | seco | fechada | planar lisa | plantas | 0.04 |
| N40;32NW | 0.7 | seco | aberta | patamares lisa | | |
| N40;34NW | 0.9 | seco | aberta | planar lisa | plantas | 0.17 |
| N40;32NW | 0.8 | seco | aberta | planar lisa | | 0.35 |
| N42;28NW | 0.8 | seco | aberta | planar lisa | plantas | |
| N140;80NE | 0.6 | seco | muito aberta | planar lisa | | |
| horizontal | 0.9 | seco | aberta | planar lisa | saibro, plantas | |
| N190;66NW | 1.6 | seco | muito aberta | planar lisa | plantas | |

Localização: Escadas do Barredo

Data: 16.03.2017

Descrição: Talude de grande dimensão, perto de habitações, grandemente coberto por vegetação.

Tabela 48 - Dados de campo relativos ao Talude das Escadas do Barredo.

| Orientação | Continuidade (m) | Água | Abertura | Rugosidade | Preenchimento | Afastamento (m) |
|------------|------------------|------|--------------|------------------|-----------------|-----------------|
| N120;90 | 1.1 | seco | | patamares rugosa | | |
| N130;90 | 1.15 | seco | | patamares rugosa | | 0.3 |
| N110;90 | 3.1 | seco | | planar lisa | | 0.34 |
| N100;90 | 0.6 | seco | aberta | planar rugosa | plantas | |
| N120;34SW | 0.9 | seco | aberta | planar lisa | saibro, plantas | |
| N50;44NW | 0.8 | seco | aberta | planar lisa | | |
| N50;44NW | 0.9 | seco | aberta | planar lisa | plantas | 0.05 |
| N50;44NW | 0.75 | seco | aberta | planar lisa | saibro, plantas | 0.07 |
| N50;44NW | 0.5 | seco | aberta | planar lisa | | 0.08 |
| N50;44NW | 0.7 | seco | aberta | ondulada lisa | | 0.3 |
| N50;44NW | 0.4 | seco | fechada | | | 0.13 |
| N130;28SW | 1.4 | seco | aberta | ondulada lisa | plantas | 0.69 |
| N80;84SE | 1.8 | seco | | ondulada rugosa | | |
| N50;60NW | 1.05 | seco | aberta | ondulada rugosa | plantas | |
| N80;24NW | 3.5 | seco | muito aberta | planar lisa | saibro, plantas | |
| N80;24NW | 2.3 | seco | aberta | planar lisa | saibro, plantas | 1 |

Localização: Largo dos Arcos da Ribeira

Data: 16.03.2017

Descrição: Talude de pequena dimensão, próximo de habitações, maioritariamente ocupado como zona de jardim e muito coberto por vegetação.

Tabela 49 - Dados de campo relativos ao Talude do Largo dos Arcos da Ribeira.

| Orientação | Continuidade (m) | Água | Abertura | Rugosidade | Preenchimento | Afastamento (m) |
|------------|------------------|--------|----------|------------------|---------------|-----------------|
| N60;60NW | 1.1 | húmido | aberta | planar lisa | saibro | |
| N60;40NW | 0.9 | seco | fechada | planar lisa | | 0.2 |
| N80;56SE | 1.3 | seco | | patamares rugosa | | |
| N180;90 | 1.9 | húmido | | planar lisa | | |
| N170;90 | 2 | húmido | | patamares lisa | | 2.1 |
| N180;90 | 0.9 | húmido | fechada | planar lisa | | 0.4 |
| N90;90 | 2.1 | húmido | | patamares rugosa | | 0.09 |
| N90;90 | 2 | húmido | fechada | patamares rugosa | | |